

Rádio plus

KTE

Konstrukce ♦ Technika ♦ Elektronika

2001
ročník IX
cena 25 Kč
předplatné 20 Kč

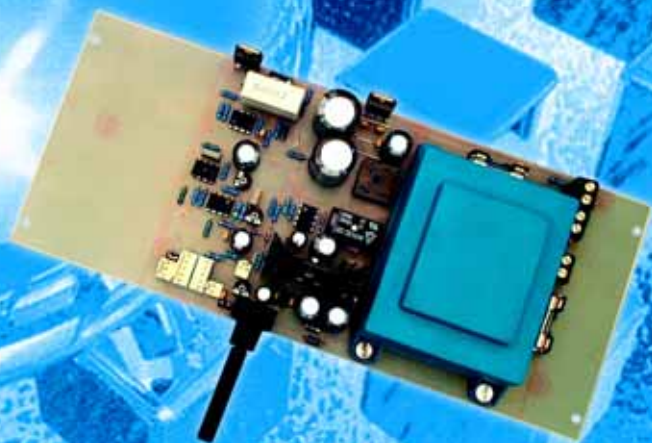
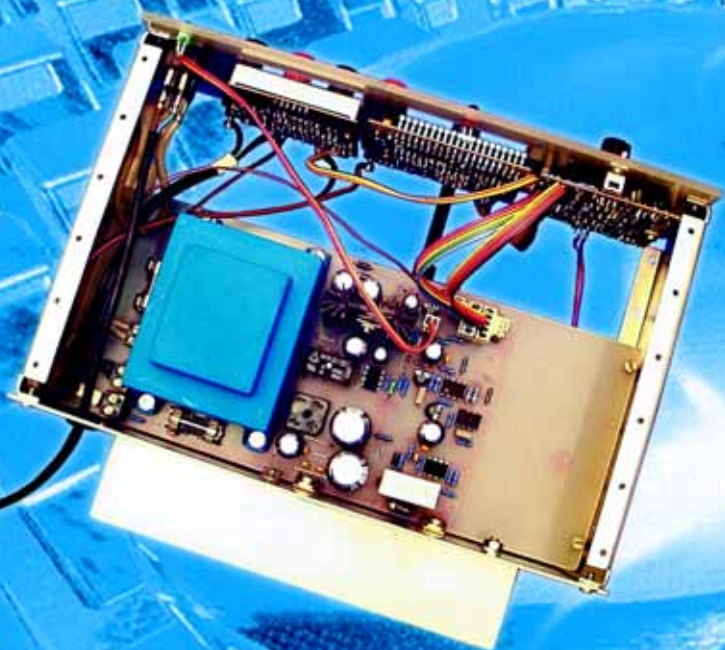
2

Uvnitř čísla:

**Termoelektrické moduly
Miniaturní kamery CMOS**

Měřič kapacit akumulátorů

Zdroj konstantního proudu - univerzální nabíječka akumulátorů



Obsah

Konstrukce

Teplotní spínač (č. 496)	str. 5
Voltmetr / ampérmetr (č. 497)	str. 8
Stopky / prostý čítač (č. 498)	str. 11
Univerzální nabíječka akumulátorů — úvodní část (č. 495 – 499)	str. 13
Úprava nabíječky článků NiCd	str. 7
Rychlonabíjačka pre batérie NiCd, NiMH, SLA a Li-ion s obvody Philips TEA 1102	str. 15

Zajímavosti a novinky

Firma Microchip Technology přebírá Telcom Semiconductor	str. 4
Nový software pro návrh filtrů	str. 4

Vybrali jsme pro vás

Vlastnosti a použití nabíjecích článků a akumulátorů	str. 19
Zajímavé IO v katalogu GM Electronic: 20. Obvody pro nábojové pumpy ICL7660	str. 28

Představujeme

ETC M621 paměťový digitální osciloskop pro PC plus technologie Remote Oscilloscope	str. 26
Termoelektrické chladicí moduly	str. 33
Nové moduly TV minikamer YOKO	str. 37

Bezplatná soukromá inzerce str. 42

Vážení čtenáři,

v únorovém čísle pokračujeme zejména v tématice nabíjecích článků a akumulátorů, která podle ohlasů zaujala mnohé z Vás. Plníme také slib daný v minulém čísle a uveřejňujeme článek Vlastnosti a použití nabíjecích článků a akumulátorů. Věříme ale, že podobně Vás zaujmou i další témata a představované výrobky.

Potěšil nás poměrně slušný zájem o některé stavebnice z naší "líhně", zejména pak o č. 431 – akustický indikátor rozsvícených světel. Velmi dobře si uvědomujeme, že v jejím případě nám nahrála úprava zákona o silničním provozu, přesněji povinnost svítit po celé zimní období, i když je třeba zrovna jasné slunečné počasí... Náš indikátor se plně osvědčil a doporučujeme jej pozornosti všem z Vás, kteří byste takový indikátor uvítali, ale ještě jste si jej nepořídili.

Postupně nám dodáváte další a další příspěvky do naší soutěže konstruktérů. Děkujeme za všechny, postupně je budeme uveřejňovat. Připomínáme, že stejně jako každý rok jsou pro nejlepší konstrukce opět připraveny hodnotné věcné ceny (samozřejmě kromě autorského honoráře pro všechny uveřejněné!): za 1. místo je to stabilizovaný laboratorní zdroj od společnosti GM ELECTRONIC (byl představen v č. 9/2000 ve dvou provedeních – EP-603 s analogovými a EP-613 s digitálními zobrazovací naměřených hodnot), za 2. místo to je elektronická mikropáječka s automatickým vypnutím od společnosti DIAMETRAL a za 3. místo (plus další zvláštní ceny) knihy od vydavatelství BEN – technická literatura.

Veškeré potřebné technické údaje naleznete na našich internetových stránkách, stejně jako aktualizovaný seznam stavebnic spolu s objednacím formulářem – a také s harmonogramem a ceníkem reklamy a inzerce.

Vaše redakce

Rádio plus - KTE, magazín elektroniky

2/2001 • Vydává: Rádio plus, s. r. o. • Redakce: Šaldova 17, 186 00 Praha 8; tel.: 02/24818885, tel/fax: 24818886 • E-mail: redakce@radioplus.cz • URL: www.radioplus.cz • Šéfredaktor: Jan Pěnkava • Technický redaktor: Martin Trojan • Odborné konzultace: Vít Olmr, e-mail: volmr@iol.cz • Sekretariát: Markéta Pelichová • Stálí spolupracovníci: Ing. Ladislav Havlík, CSc, Ing. Jan Humlhans, Vladimír Havlíček, Ing. Hynek Střelka, Ing. Ivan Kunc • Layout&DTP: redakce • Fotografie: redakce (není-li uvedeno jinak) • Elektronická schémata: program LSD 2000 • Plošné spoje: SPOJ - J. & V. Kohoutovi, Nosická 16, Praha 10, tel.: 7813823, 4728263 • HTML editor: HE!32 • Obrazové doplňky: Task Force Clip Art • Osvit: Studio Winter, s.r.o., Wenzigova 11, Praha 2; tel.: 02/24 92 02 32, tel/fax: 24914621 • Tisk: VLTAVA-LABE-PRESS, a. s., Přátelství 986, 104 00 Praha 10, tel.: 02/70 95 118.

© 2001 Copyright Rádio plus, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. Přetiskování článků možno jen s písemným svolením vydavatele.

Cena jednoho výtisku 25 Kč, roční předplatné 240 Kč. Objednávky inzerce přijímá redakce. Za původnost a věcnou správnost příspěvků odpovídá autor. Nevyžádané příspěvky redakce nevrací. Za informace v inzerátech a nabídce zboží odpovídá zadavatel. ISSN 1212-3730; MK ČR 6413. Rozšiřuje: Společnost holdingu PNS, a.s.; MEDIAPRINT&KAPA, s.r.o.; Transpress, s.r.o.; Severočeská distribuce, s.r.o. Objednávky do zahraničí vyřizuje: Předplatné tisku Praha, s.r.o., Hvozdánská 5 - 7, 148 31 Praha 4. Distribuci na Slovensku zajišťuje: Mediaprint-Kapa, s.r.o., Vajnorská 137, 831 04 Bratislava (zprostředkuje: PressMedia, s.r.o., Libešická 1709, 155 00 Praha 5; pmedia@pressmedia.cz, tel.: 02/6518803). Předplatné v ČR: SEND Předplatné s.r.o., P.S. 141, A. Staška 80, 140 00 Praha 4, tel.: 02/61006272 - č. 12, fax: 02/61006563, e-mail: send@send.cz, www.send.cz; Předplatné tisku, s.r.o., Hvozdánská 5-7, Praha 4 - Roztyly, tel.: 02/67903106, 67903122, fax: 7934607. V SR: GM Electronic Slovakia s.r.o., Budovatelská 27, 821 08 Bratislava, tel.: 07/55960439, fax: 55960120, e-mail: obchod@gme.sk; Abopress, s.r.o., Radlinského 27, P.S. 183, 830 00 Bratislava, tel.: 07/52444979 -80, fax/zázn.: 07/52444981 e-mail: abopress@napri.sk, www.abopress.sk; Magnet-Press Slovakia, s.r.o., Teslova 12, P.S. 169, 821 02 Bratislava, tel.: 07/44 45 45 59, 07/44 45 46 28.

Microchip přebírá Telcom Semiconductor

Koncentrace polovodičového průmyslu pokračuje. Výrobce polovodičových prvků Microchip Technology (www.microchip.com), známý svými mikrořadiči PIC, převezme asi za 300 milionů USD firmu Telcom Semiconductor (www.telcom-semi.com). Microchip si od transakce, která má být uzavřena v 1. čtvrtletí 2001 slibuje obohacení svého sortimentu integrovaných analogových obvodů a obvodů se smíšenou funkcí a získání zkušeného týmu vývojových pracovníků pro tuto oblast. Těchto odborníků je totiž v poslední době citelný nedostatek. Čistý zisk Telcom Semiconduc-

tor byl v roce 1999 13,1 milionů USD, Microchip Microchip měl v účetním roce 2000, končícím v březnu 2000 zisk 102 mil USD.

Nový software pro návrh filtrů

Potřebujete v navrhovaném systému omezit shora či zdola kmitočtové spektrum vstupních signálů, zbavit se nežádoucích a rušivých složek s kmitočtem odlišným od užitečného a přitom nechcete pronikat do teorie filtračních obvodů? Pak se můžete ohlédnout po některém programovém prostředku, který vám v tom pomůže a to často zcela zdarma. Firma Linear Technology – <http://www.linear.com> nedávne aktualizovala program pro snadný a rychlý návrh a si-

mulaci funkce aktivních RC filtrů a filtrů se spínanými kondenzátory. Nový program je označen FilterCad3.0 a lze s ním navrhovat dolní i horní propusti, pásmové propusti i zádrže a vedle jejich zapo-



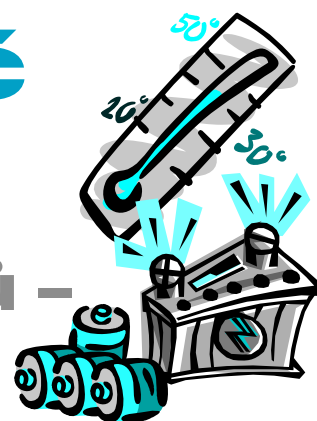
jení a hodnot součástek získat i jejich kmitočtovou a fázovou charakteristiku a skupinové zpoždění. Dobrá zpráva i na závěr – z uvedené webové stránky si lze program stáhnout.

Reklamní plocha

Teplotní spínač s blokováním

- měřič kapacity akumulátorů -

stavebnice č. 496



Teplotní spínače patří mezi velmi oblíbené stavebnice a v případě spínače určeného pro hlídání teploty výkonových zařízení také mimořádně užitečné. Často vám svojí existencí mohou ušetřit značné hodnoty (nejen finanční).

Pasivní chladiče jsou u výkonových zařízení samozřejmostí, ale díky vysoké pořizovací ceně hliníkových profilů pro chladiče jsou jejich rozměry velmi často silně poddimenzovány. V jiných případech by rozměr pasivního chladiče byl příliš veliký a pro praktické užití by ztratil smysl. Proto se často jako doplněk používá ventilátor, který zvyšuje proudění vzduchu kolem aktivního prvku a následně i chladiče, a výrazně tak zvyšuje odvod vzniklého tepla do okolního prostoru. Ventilátory jsou však někdy velmi hlučné, a mohou tak působit rušivě, nehledě již na jejich energetickou náročnost při provozu. Je-li to tedy možné, používá se k řízení ventilátoru elektronika spínání, a ve složitějších a často používaných přístrojích (domácí počítač) lze nalézt i řízení rychlosti otáčení v závislosti na teplotě. Ovšem i aktivní chlazení ventilátorem má své meze dané rychlostí proudění vzduchu a teplotním přestupem. Mimo jiné i proto jsou mnohá zařízení vybavována i teplotními pojistkami, které zajistí, aby v případě překročení mezní provozní teploty bylo zařízení bezpečně odstaveno, a nemohlo tak dojít k poškození či zničení jiných obvodů, nebo v krajním případě i požáru. Takové pojistky jsou dnes nedílnou součástí řady výkonových elektronických zařízení i jednotlivých součástek. Nakonec klasickým případem, se kterým se ve své činnosti setkal snad každý, jsou velmi rozšířené monolitické nízkofrekvenční zesilovače (TDA2030, 2050, 2052 a mnohé jiné). Malá investice do takového zařízení často ochrání mnohem větší hodnoty.

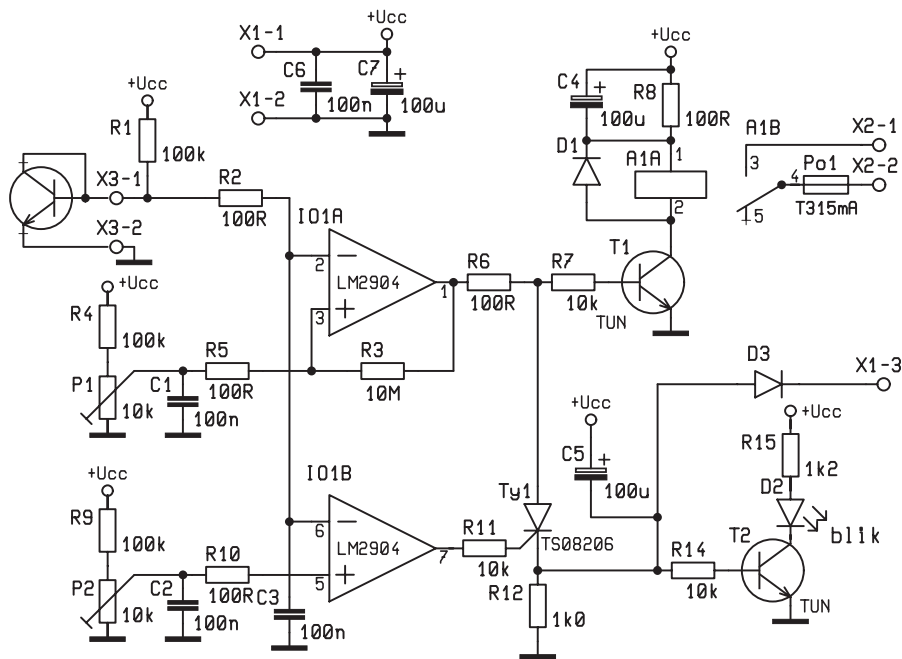
Mezi podobné typy stavebnic patří i toto zapojení dvojitého teplotního spínače s blokováním. Dvojitého proto, že z jednoho teplotního čidla jsou odvozovány dva různé stavy ovládající dvě různé zařízení. Své uplatnění nalezne díky své nenáročnosti všude tam, kde je třeba pečlivě hlídat teplotu jiného výkonového prvku, ale kde nezáleží příliš na

presnosti nastavení. Klasickým příkladem použití pak jsou napájecí zdroje ať již klasické lineární, nebo spínané, výkonové nízkofrekvenční a vysokofrekvenční zesilovače, nebo jako v našem případě pro hlídání výkonové ztráty modulu aktivní ventilátoru, avšak při použití moderních ventilátorů to není pro běžné potřeby nutné.

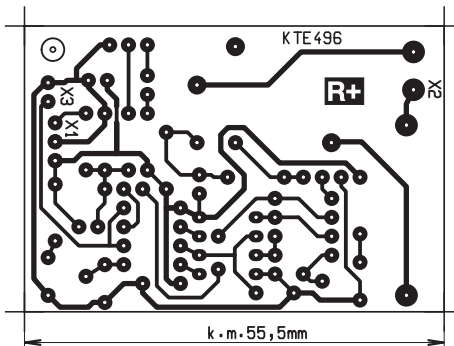
Jako teplotní čidlo byl zvolen přechod B-E křemíkového tranzistoru, resp. jeho teplotní závislost. Jednak je trochu levnější než např. termistor, jednak má vhodnější zapouzdření pro potřeby umístění k výkonovému prvku, a hlavně má pevně definovanou změnu napěťového úbytku na přechodu v závislosti na teplotě (dáno fyzikální podstatou křemíkových polovodičů). Použít lze jakýkoliv typ NPN tranzistoru v zapouzdření, jaké bude danému účelu nejlépe vyhovovat, jak si popíšeme v závěru článku. Rezistor R1

vytváří předpětí pro přechod B-E snímačícího tranzistoru. Úbytek napětí na přechodu spolu se stoupající teplotou klesá a při 20 °C je cca 650 mV.

Výsledné napětí je přes rezistor R2, který snižuje vliv proudové nesymetrie vstupů komparátoru, vedeno na invertující vstupy operačních zesilovačů IO1. Oba jsou zapojeny právě jako komparátory (porovnávače) napětí. Protože zpracovávají napětí blízké dolnímu napájecímu, což by obvykle vyžadovalo symetrické napájení, musí být typu LM2904, kterému takovéto hodnoty nevdají. Komparátor IO1A je určen k ovládání ventilátoru a má zpětnovazebním rezistorem R3 zavedenu hysterezi. Ta zajišťuje, aby komparátor (a tím i ventilátor) nezakmitával, pohybuje-li se teplota na teplotním čidle v oblasti nastavené pro sepnutí. Ventilátor tedy bude vypnut až poté, co teplota na čidle klesne výrazně pod úroveň nastavenou pro sepnutí. Snížením



Obr. 1 - Schéma zapojení



Obr. 2 - Obrazec plošných spojů

hodnoty zpětnovazebního rezistoru lze hysterezi v případě potřeby zvýšit. Kladné napětí na výstupu komparátoru otevře přes rezistory R6 a R7 tranzistor T1 zapojený jako spínač. V okamžiku otevření tranzistoru se začne nabíjet elektrolytický kondenzátor C4, čímž nastane jeho stejnosměrný "zkrat", který zajistí, aby se na relé krátce objevilo plné napájecí napětí, jež zaručí přitažení kotvy relé. Poté co se kondenzátor přes odpor vinutí relé nabije, začne vinutím relé protékat přes omezovací rezistor R8 přídržný proud, který může být výrazně nižší než proud potřebný pro přitažení kotvy. Snižuje se tak spotřeba proudu určeného pro relé, a to lze díky tomu napájet ze stabilizovaného napětí, aniž by byl výrazně zatěžován zdroj. Dioda D1 zabraňuje poškození spínacího tranzistoru napěťovými špičkami vznikajícími na vinutí relé.

Komparátor IO1B se nastavuje na vyšší teplotu a je určen pro zablokování přístroje při teplotním přetížení. Jakmile se na výstupu komparátoru objeví kladné napětí, sepne se přes rezistor R11 tyristor Ty1. Ten je zapojen jako jednoduchý klopný obvod a zajišťuje zablokování přístroje i po poklesu teploty pod kritickou mez. Tyristor je polovodičová součástka, která zůstává sepnutá i poté, co klesne řídicí napětí a pokud jí protéká alespoň minimální udržovací proud, který je zajištěn rezistorem R12. Tyristor tedy odpadne nikoli v okamžiku poklesu kritické teploty (výstup IO1B přejde do log. L), ale teprve když teplota klesne pod hladinu určenou pro vypnutí ventilátoru (do log. L přejde IO1). Rezistor R6 zapojený mezi anodu tyristoru a výstup komparátoru, z něhož je kladné napětí odebíráno, slouží pouze jako ochrana operačního zesilovače před přetížením a lze jej po oživení celé sestavy přemostit. Elektrolytický kondenzátor C5 zajišťuje bezpečné rozeznutí tyristoru po připojení napájecího napětí přivedením kladnějšího napětí na jeho katodu, a tedy přerušení udržovacího proudu. Kladné napětí pro zablokování výkonového zařízení je přes oddělovací diodu D3 přivá-

děno na vývod X1-3. Aby teplotní přetížení nebylo považováno za poruchy hlídaného zařízení, je z blokovacího napětí napájen ještě tranzistor T2 určený ke spínání signalizační samoblikající LED. Přestože by tuto diodu bylo možné zapojit paralelně k R12, a ušetřit tak jeden rezistor a tranzistor, zvýšilo by se tak zatížení komparátoru IO1A, díky čemuž by mohl chybět proud potřebný k zablokování dalších zařízení.

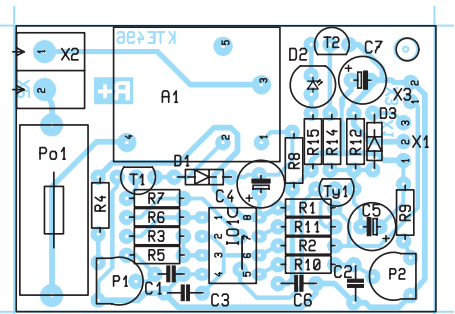
Výstup pro spínání ventilátoru je vyveden na svorky X2 a je opatřen pouzdrům pro osazení ochranné tavné pojistky. Kontakty relé mohou spínat síťové napětí až do proudu 6 A. Tavnou pojistku, která chrání zařízení i další napájecí rozvody před poruchou ventilátoru (např. při jeho zadření), je pochopitelně nutné dimenzovat podle použitého typu ventilátoru.

Zapojení je umístěno na jednostranné desce plošných spojů s jednou drátovou propojkou a jediným upevňovacím otvorem. Protože je zapojení po všech stránkách velmi jednoduché, nejsou s osazováním a spouštěním žádné problémy, pouze ke správnému nastavení teplotních hladin je třeba trpělivost. Na plošném spoji nejprve převrtáme dle potřeby upevňovací otvor, pájecí body relé a svorkovnice na průměr 1,1 mm a pro pojistkový držák 1,4 mm. Po zapojení drátové propojky nacházející se pod pouzdrům integrovaného obvodu IO1 můžeme pokračovat v osazování součástek v navyklém pořadí. V některých případech může být výhodné použít na pozicích vývodů teplotního čidla a indikační LED konektory pro snazší propojování v rámci jiného zařízení.

Po osazení všech součástek a připojení LED D2 a snímacího tranzistoru můžeme začít s nastavováním, ale trochu problémů může přinést potřeba simulace ohřevu výkonového prvku. Můžeme-li zajistit pomalý ohřev hlídaného zařízení, je vše velmi jednoduché, protože stačí čidlo umístit na své místo u výkonového prvku, teploměrem měřit teplotu a otáčecím odporových trimrů P1 a P2 nastavit, aby při dosažení příslušné požadované teploty součástky sepnul ventilátor (přitažení relé) a na vyšší teplotě pak došlo k zablokování zařízení (rozblíkní LED). Jsou-li však sledované součástky obtížně přístupné pro druhý teploměr, či může teplota stoupat příliš rychle, je situace ztížena a pro nastavení bude třeba ohřev čidla imitovat. K tomu pomůže vysoušeč vlasů či horkovzdušná pistole, v krajním případě přiblížení hrotu páječky. Pomocný teploměr přiložíme a případně pomocí lepenky i přichytíme k teplotnímu čidlu a zahájíme ohřev. Jakmile teploměr ukáže požá-

dovanou hodnotu, je třeba snížit přívod tepla, aby teplota již nestoupala, ale čidlo se stačilo ohřát (pravděpodobně bude čidlo reagovat nepatrně pomaleji). Poté otáčením trimru P1 zajistíme, aby právě sepnul ventilátor. Teplotu blokování nastavíme stejně a nakonec ještě celý proces několikrát opakujeme, abychom nastavení teploty ověřili a případně upravili. Dále ověříme velikost hystereze pro vypnutí ventilátoru, která by měla být cca 5 – 10 °C, a případně zmenšíme hodnotu R3 a ověříme správnou činnost tyristoru, který musí odpadnout teprve v okamžiku vypnutí ventilátoru. Tím je nastavení dokončeno a zařízení připraveno k činnosti. V praxi by nemělo docházet ke stavům, aby na pouzdrě výkonového prvku teplota přestoupila cca 80 °C (v některých případech výrobce povoluje v katalogových listech i více), a tato teplota pak určuje hladinu blokování. Ventilátor se pak musí spustit výrazně dříve, aby se vytvořila dostatečná rezerva pro potřeby rychlého růstu teploty. Vhodnou mezí pro nucené chlazení je proto 40 – 50 °C.

Nyní pár slov ke zmíněnému teplotnímu čidlu, resp. použitému tranzistoru. Má-li teplotní spínač pracovat správně, je výběr čidla a především jeho umístění nanejvýš důležité. To by totiž mělo být v přímém kontaktu se sledovaným výkonovým prvkem (což lze provést ovšem jen velmi těžko), nebo alespoň v jeho bezprostřední blízkosti. Je-li sledovaných součástek více, pak musí čidlo sledovat tu, která je nejvíce exponovaná či nejcitlivější na teplotu. Bude-li jako pasivní chladič použit hliníkový profil, nebo alespoň masivní hliníková deska, je možné pod výkonovým členem vybrat otvor, veliký právě tak pro pouzdro TO92 tranzistoru, který se použije jako teplotní čidlo a který lze do otvoru vlepít například pomocí epoxidové pryskyřice (pozor na zkratování vývodů). Pak lze bez vážných obav použít nastavení i pomocí ohřevu jiným zařízením (viz výše), pokud bude použit tranzistor, se kterým proběhlo nastavení. V případě, že použitý chladič nebude pro předešlý způsob umístění



Obr. 3 - Rozmístění součástek

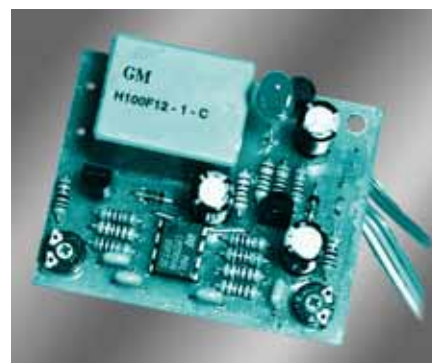
čidla vyhovovat (například při použití chladičů typu V7477X), je lépe použít jako čidlo tranzistor v pouzdře TO220, jak tomu bylo i u stavebnice KTE460. To je potom možné přišroubovat z druhé strany chladiče či vedle sledované součástky. Ovšem v tomto případě je nutné nastavovat teplotní hladiny až po instalaci čidla, nebo při nastavování počítat se skutečností, že teplota na čidle může stoupat i výrazně pomaleji než na výkonovém prvku (díky zhoršenému přestupu tepla mezi oběma součástkami).

Věříme, že vám teplotní spínač s blokováním přinese užitek, odstraní možné chmury o bezpečnost přístrojů a nalezne tak uplatnění i v jiných případech, než je měřič kapacit akumulátorů a chystaná nabíječka baterií. Objednávat můžete všemi obvyklými způsoby, tedy e-mailem, (případně formulářem z našich stránek

na internetu) telefonicky, faxem i písemně, za cenu pouhých 220 Kč.

Seznam součástek

R1, R4, R9	100k
R2, R5, R10 – R12	1kΩ
R3	10M
R6	100R
R7, R14	10k
R8	150R
R15	1kΩ
C1, C2, C3, C6	100n
C4, C5, C7	100μ/16V
P1, P2	10k PT6V
D1, D3	1N4148
D2	LED 5mm bikající červená
T1, T2	TUN
IO1	LM2904
Ty1	TS08206
Po1	KS20SW
A1	RELEH100 12V



X2 ARK210/2
1x plošný spoj KTE496

Volitelné doplňky

2x konektor PSH02-02P + 2x PFH02-05P + 4x PFF02-01F (teplotní čidlo, kontrolní LED)

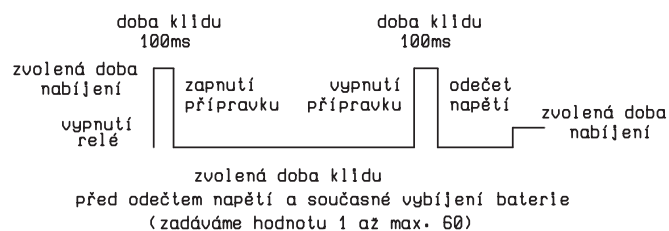
Úprava nabíječky/vybíječky NiCd článků

Vlastimil Vágnér

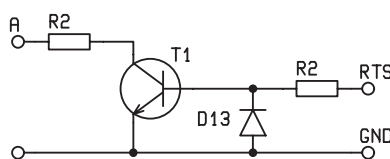
Na četné žádosti jsem upravil nabíječku/vybíječku NiCd článků, která byla prezentována v č. 4/2000 (str. 19). Úprava spočívá v programu pro NABÍJENÍ a v doplnění NAB/VYB o vybíjecí část, která se zapíná při čekání před odečtem vzorku napětí na akumulátorech. Touto úpravou je baterka zvolenou dobu vybíjena určeným proudem, jenž je určen napětím baterky a rezistorem R2. Přípravek může být vyroben dvěma způsoby: 1) rezistor R2 je nevýměnný, 2) R2 je uchycen do svorky a můžeme ho měnit. Velikost rezistoru počítáme podle Ohmova zákona.

Úprava stávající nabíječky/vybíječky

Diody D13 vypájíme z plošného spoje a nahradíme propojkou. Odpájíme ampérmetr od přepínače S1B a do tohoto uzlu vpájíme diodu D13 anodou k ampérmetru a katodou k přepínači S1B a tím i ke svorce nabíjení.



Obr. 2 - Nákres nabíjení po úpravě



Obr. 1 - Schéma zapojení

Další úprava spočívá ve vyvedení vývodu RTS z portu, tzn. ze sériového portu je vyvedeno pět vodičů se signály RTS, TXD, DTR, CTS, GND.

Napojení přípravku k nabíječce/vybíječce

Přípravek připojíme vývodem A z rezistoru R2 na svorku Nabíjení, svorku GND připojíme v NAB/VYB na GND. Vývod RTS ukončíme v zásuvce pro připojení kabelu od počítače.

Původní zapojení dle KTE 4/2000

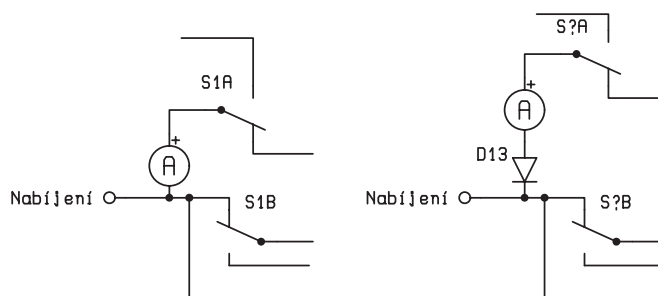
Software

Jediná změna se týká ZADEJ DOBU KLIDU PŘED MĚŘENÍM; zde po zadání hodnoty je tuto dobu baterka vybíjena. Tranzistor T1 má namontován chladič z hliníku o rozměrech 2x40x40 mm, hliník je černěn. Wattovou zátěž rezistoru R2 volíme podle zátěže.

Výstup RTS je na konektoru 9PINŮ pod číslem 7 a na konektoru 25PINŮ pod číslem 4. Návod k upravenému programu nabíjení/vybíjení rád poskytnu všem vážným zájemcům, kteří zašlou žádost, obálku a poštovní známku v hodnotě 20 Kč na adresu:

Vlastimil Vágnér, Karlova 615,
440 01 Louny, případné dotazy
též na tel.: 0603/340132.

Upravené zapojení D13



Obr. 3 - Nákres porovnávací úpravy

Voltmetr / ampérmetr

– měřič kapacity akumulátorů –

stavebnice č. 497

V "Měřiči kapacit akumulátorů" slouží modul voltmetru/ampérmetru k měření aktuálních pracovních hodnot výkonového bloku – tedy protékajícího proudu i napětí na vstupních svorkách.

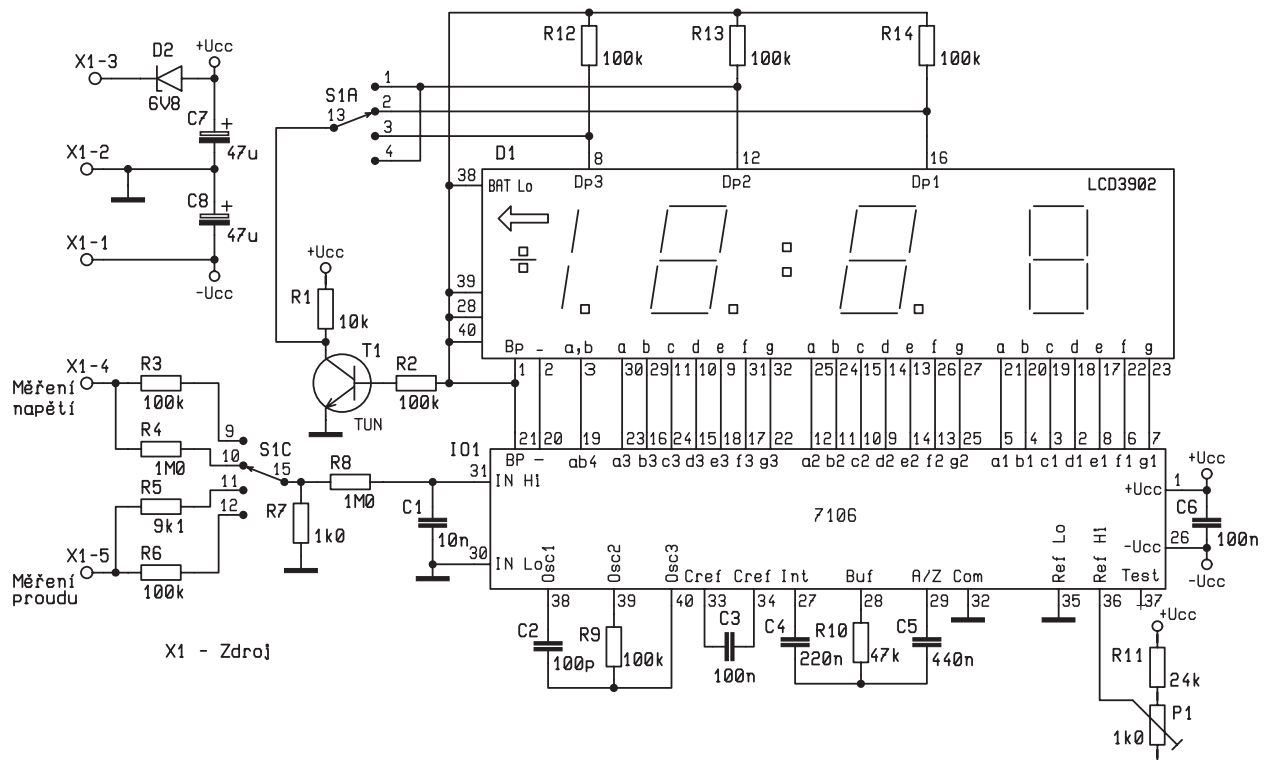
Stavebnice využívá notoricky známé spojení 3" místného AD převodníku s budičem displeje 7106 a vlastního 3" místného LC displeje. Tento populární integrovaný obvod můžete nalézt nejen v mnoha amatérských konstrukcích, ale i v celé řadě profesionálních přístrojů. V jeho pouzdře je integrován AD převodník pracující na principu dvojitě integrace, se všemi podpůrnými obvody, jako je zdroj referenčního napětí, oscilátor řídicího kmitočtu, automatické nulování, převodník BCD na sedmi segmentový displej a konečně i budič LCD. Obvod je vyroben technologií CMOS, což výrazně snižuje spotřebu a umožňuje hospodárné bateriové napájení se všemi výhodami nezávislosti na síti. Jen pro úplnost poznamenáváme, že existuje i sourozenec tohoto obvodu s označením 7107, určený pro displeje LED. Oba integrované obvody se vyrábějí i v provedení zrcadlově převrácených vývodů a jsou

označovány písmenem R za názvem IO. Pro svoji činnost vyžaduje pouze velmi malé množství vnějších součástek, vesměs sloužících pouze k volbě provozních parametrů převodníku. Obvod je určen pro napájení destičkovou 9V baterií především v přenosných multimetrech, kterého se hojně využívá i v profesionálních přístrojích, které obsahují zdroj, aby nebyla přesnost měření ovlivněna šumem a brumem napájení. Protože si integrovaný převodník vytváří svoji vlastní měřící "zem", je samostatné napájení vlastně výhodou, mimo jiné i proto, že tak lze měřit kladná i záporná napětí bez potřeby symetrického napájení.

Protože však v našem případě na přesnosti příliš nezáleží a v případě použití v součinnosti s Měřičem kapacity akumulátorů (či chystané nabíječky), kde je symetrické napětí vytvářeno pro potřeby operačních zesilovačů, byla možnost napájení z baterie vynechána, aby se

zjednodušila výsledná mechanická konstrukce sestavy. Převodník 7106 tak sice nepracuje v ideálním režimu, neboť umělá měřící "zem" je ovlivňována středem napájení zdroje, avšak toto zapojení má jen nepatrný vliv na přesnost, resp. linearitu měření.

Celé zapojení vychází z doporučení výrobce. Kondenzátor C2 a rezistor R9 jsou součástí vnitřního oscilátoru a určují jeho kmitočet. Protože z tohoto kmitočtu je odvozena doba integrace, je vhodné pro potlačení nepříznivého vlivu síťového brumu, aby jeho velikost byla celistvým násobkem síťového kmitočtu. Nejčastěji se volí 40 kHz, což vyhovuje pro síť 50 Hz, 60 Hz, 400 Hz i 440 Hz. S dobou integrace souvisí rychlost měření a ta je v tomto případě asi tři měření za sekundu, což je běžná hodnota většiny integračních převodníků. Rezistor R10 a kondenzátor C4 jsou součástmi integračního obvodu, kondenzátor C5 kom-



Obr. 1 - Schéma zapojení

penzuje napěťové nesymetrie vnitřních vstupních obvodů. Trimrem P1 se nastává referenční napětí, které má být 100 mV pro rozsah vstupního napětí do 200 mV. Protože však bylo použito symetrické napájení z existujícího zdroje, bude tato hodnota poněkud jiná a bude referenční napětí třeba nastavit zkusmo.

Vstupní napětí se přivádí na vývody IN Hi a IN Lo přes obvod R8, C1 který potlačuje rušivé střídavé složky měřeného napětí. Vstup IN Lo je spojen s analogovou zemí měřicího obvodu, ale nikoli se záporným pólem napájecího napětí.

Jako zobrazovací jednotka je použit displej z tekutých krystalů s nejvyšším zobrazením ± 1999 , s možností volby desetinné tečky a dalších pomocných znaků. Displej z tekutých krystalů potřebuje pro svoji činnost obdélníkový signál, v našem případě cca 50 Hz, kterým je napájena společná elektroda (Bp – vývod 1). Segment nebo znak, který má být zobrazen, je pak připojen na shodné střídavé napětí, ale opačné polarity. Pro segmenty čísel a znak “-“ (mínus) zajišťuje tento signál přímo obvod 7106, pro ostatní znaky je řídicí signál invertován tranzistorem T1. Všechny doplňkové znaky displeje (i desetinné tečky) se aktivují připojením na invertovaný signál Bp (kolektor T4). Výběr platné desetinné tečky se provádí volnou třetinou přepínače rozsahu S1A. Znaky, které nemají být zobrazeny, je nutné připojit na společný signál BP, protože díky nepatrné spotřebě displeje, a naopak i jeho značné kapacity by docházelo k problikávání znaků a v případě desetinných teček k jejich trvalému svitu či pomalému zhasínání po změně rozsahu.

Volba měřicího rozsahu se provádí přepínačem S1C. Protože v “Měřicí kapacit akumulátorů” chceme měřit napětí i proud (protékající proud je měřen nepřímou přes zesilovač obsažený v bloku zátěže), volí přepínač rovněž tuto funkci. Napětí ze vstupních svorek bloku zátěže je přiváděno na vývod X1-4 stavebnice

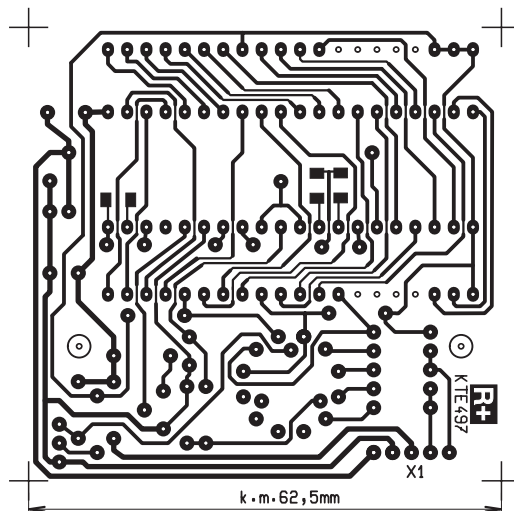
a je vedeno na rezistory R3 (rozsah 20 V) a R4 (rozsah 200V), které spolu s rezistorem R7 tvoří dělič napětí s dělicím poměrem daným polohou přepínače S1C. Je-li voličem vybrána druhá poloha, je k děliči připojen rezistor R4, je platný rozsah 200 V. Ve třetí a čtvrté poloze je měřeno napětí na vývodu X 1 - 5 plošného spoje a slouží k připojení vývodu X3-5 modulu zátěže určenému zvláště pro potřeby měření p r o u d u .

V tomto případě jsou rozsahy vstupních napětí opět dány příslušným odporovým děličem na 2 V ve třetí poloze S1C a 20 V ve čtvrté poloze. Toto odpovídá proudům 2 A a 20 A.

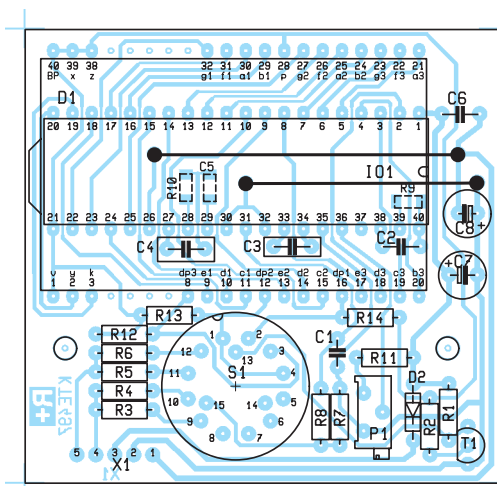
Protože je pro napájení modulu namísto zcela obvyklého 9V bateriového napájení použito symetrického zdroje +12 V a -5 V, zatímco mezní provozní napájecí napětí je 15 V, je v kladné napájecí větvi zařazena Zenerova dioda D2, která snižuje rozdíl napětí. Na diodě vzniká vlivem protékajícího proudu úbytek odpovídající Zenerovu napětí součástky, čímž je výsledné napájecí napětí přibližně 10,2 V. Při použití v podobě přenosného přístroje se pochopitelně vyplatí použít 9V destičkovou baterii a Zenerovu diodu vypustit a nahradit drátovou propojkou.

V případě použití modulu v měřiči kapacit akumulátorů je vhodné na panelu upravit hodnoty rozsahů podle možností a potřeb bloku zátěže, aby se náhodný uživatel vaší sestavy nepodivoval a nechtěl užít pro zátěž rozsahy platné pro modul měření. To odpovídá změnám údajů pro druhou polohu S1C na 60 V (max. 100 V). Obdobně je pro třetí a čtvrtou polohu (měření proudu) lépe vést údaje 1 A a 10 A, což je opět dáno mezními hodnotami zátěže, resp. přepínačem rozsahu v modulu zátěže.

Mechanická sestava je v tomto případě trochu složitější, protože pro potřeby zmenšení stavební výšky bloku bylo jednak užito kombinované SMD a klasické montáže, jednak jsou některé součástky vrstveny nad sebou. Před osazováním nejprve převrtáme pájecí body pro přepínač S1 na průměr 1 mm a dvojici upevňovacích otvorů. Nyní můžeme začít s osazováním, které zahájíme zapájením SMD součástek. Jedná se o kondenzátory C5 a rezistory R9 a R10. Zvláštností je zde kombinace hodnoty kondenzátoru C5, který sestává z dvojice SMD součástek zapojených paralelně nad sebou. Nejsnazší je v tomto případě jejich společné spájení na jedné straně mimo desku a následné připájení na příslušnou pozici plošného spoje (nejprve na dosud nepájené straně součástek). Dále osadíme obě drátové propojky a můžeme pokračovat v dalším osazování součástek. Protože jsou obě propojky dosti dlouhé, nebudou stačit odštířky vývodů součástek, a je proto nutné použít kousku jiného vodiče. Avšak použitý vodič musí být tenký, resp. bez izolace, aby bylo možné pohodlně osadit pouzdro IO, nad těmito propojkami. Kondenzátory C2 (keramický), C3 a C4 (fóliové) jsou na plošný spoj montovány naležato, aby nepřesahovaly výšku převodníku IO1. V případě kondenzátorů C3 a C4 postačí ohnutí vývodů součástek do pravého úhlu co nejtěsněji u pouzdra, avšak u keramického kondenzátoru, kde by takovéto jednání mohlo vést ke zničení součástky, bude nutné ohnutí provést velmi šetrně, a kondenzátor bude osazen pouze šikmo (nikoli naležato). S osazováním a pájením dalších součástek by již neměly být žádné větší problémy. Pro snížení stavební výšky modulu se převodník osazuje do plošného spoje těsně nad desku, a tedy bez patice. Podobně je tomu i u displeje, který leží



Obr. 2 - Plošné spoje



Obr. 3 - Rozmístění součástek

těsně nad pouzdrem IO1 s mezerou cca 0,5 – 1 mm, abychom získali dostatek místa pro vložení čirého okénka do panelu. Proto je třeba pozorně dbát na pořadí vývodů, resp. klíčování displeje a integrovaného obvodu. U IO je pozice vývodu 1 dána obvyklým klíčem (tedy prohlubní v pouzdře na jeho kratší straně), avšak polohu displeje určuje naopak výstupek na jeho levé kratší straně (viz obrázky osazení), který je však občas nevýrazný. V případě pochybností pak postačí lehce se dotknout vývodů součástky, nebo mírně zatlačit na zobrazovací plochu displeje. Podle zobrazených segmentů pak lze displej snadno orientovat. Modul se pak do krabičky nebo na panel montuje pomocí dvou distančních sloupků dlouhých 10 mm pro umístění na panel a 12 mm do krabičky KM33C, jak je patrné z obrázků. Při montáži na panel bude nutné navíc doplnit rozpěrné sloupky podložkou pro M3 (případně více), aby voličem rozsahů šlo volně otáčet a nedělo o panel.

Nastavení při bateriovém provozu je velmi jednoduché, neboť kladný pól baterie se připojí k vývodu X1-3, záporný

pak na X1-1. Zenerova dioda D2 bude nahrazena drátovou propojkou a vývod X1-2 poslouží jen pro připojení měřeného napětí. Elektrolitické kondenzátory C7 a C8 pak lze rovněž vynechat. Na běžci odporového trimru P1 nastavíme napětí 100 mV a správnou funkci ověříme porovnáním hodnot naměřených modulem a externím voltmetrem. Případně lze ještě zobrazenou hodnotu upravit na skutečnou dostavením trimru P1. Při tomto způsobu nastavování je však třeba referenční voltmetr připojit paralelně k rezistoru R7, aby byl omezen vliv nepřesností voliče rozsahů. Po nastavení ještě ověříme linearitu přesnosti měření změnou vstupního napětí. Přesnost měření

převodníku se může nepatrně snižovat s klesajícím vstupním napětím na jeho dolní hranici (cca 0,5 %, resp. ± 1 digit), tedy při měření napětí menšího než cca 20 mV. Odtud také pramení potřeba volit při měření rozsah s co nejvyšším rozlišením, což je pravidlo platné i pro profesionální měřicí přístroje. Při napětí na horní hranici měřicího rozsahu můžeme ještě přepnout na vyšší rozsah a odečíst chybu děliče.

Při provozu na síťový zdroj zátěže (či jiného zařízení) je nastavení poněkud složitější, neboť díky potřebě záporného napětí a použití společné země pro měření i napájení dochází k ovlivňování interního zdroje měřicí GND. Proto lze nastavení provést jen "od oka" porovnáním zobrazené a skutečné hodnoty napětí na rezistoru R7. Nastavení se opět provádí otáčením trimru P1, než bude zobrazena skutečná hodnota vstupního napětí. V případě napájení ze zdroje se společnou napájecí a měřicí zemí se může nepatrně zhoršit linearita naměřených hodnot, avšak v mezích naprosto zanedbatelných (cca 1 %) nejen pro měřič kapacity akumulátorů nebo připravovanou

univerzální nabíječku, jejíž úvodní část otiskujeme, ale i řadu jiných zařízení.

Přesnost měření závisí na přesnosti nastavení a přesnosti děličů ve voliči rozsahů. Protože rezistory děliče pro volbu rozsahů mají toleranci 1%, neměla by přesnost měření být při pečlivém nastavení pod 1,5 % + 1digit. Na zkušebních vzorcích bylo v součinnosti s umělou zátěží dosaženo přesnosti lepší než 1% při měření napětí a 1,5% při měření proudu (chyba v nastavení umělé zátěže).

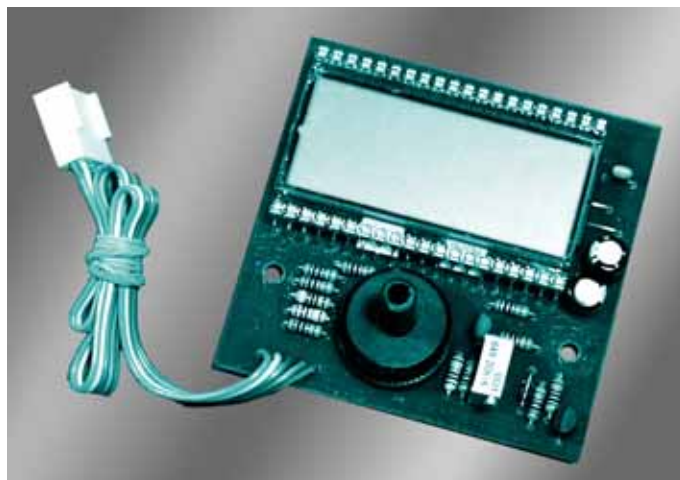
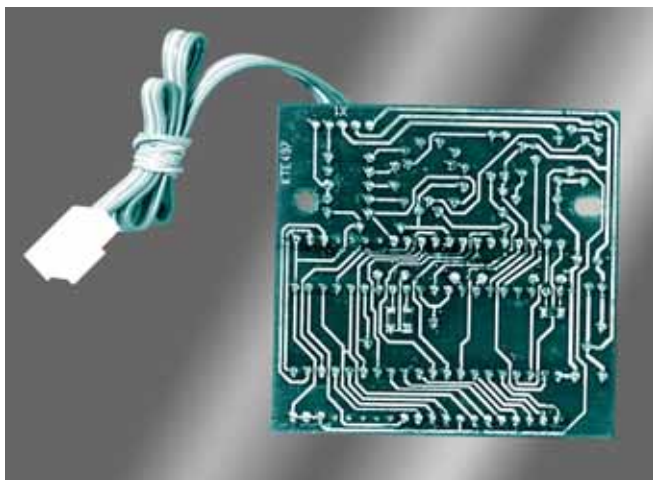
Věříme, že vám modul voltmetru/ampermetru pomůže v práci nejen jako součást jiných zařízení, ale rovněž jako přenosný přístroj s bateriovým napájením. Objednat si jej můžete v naší redakci či www stránkách za cenu 715 Kč.

Seznam součástek

R1	10k
R2, R3, R6, R9,	
R12 – R14	100k
R4, R8	1M0
R5	9k1
R7	1k0
R10	47k
R11	24k
C1	10n
C2	100p
C3	100n/50V
C4	220n CF1
C5	2x 220n SMD 1206
C6	100n CF1
C7, C8	47µ/16VM
P1	64 Z 1k0
D1	LCD3902
D2	6V8/0,5W
T1	TUN
IO1	7106
S1	SB20-3
1x plošný spoj KTE497	
2x distanční sloupek 10 mm DI5M3X10	

Volitelné doplňky (za 75 Kč)

1x krabička KM33C
2x rozpěrný sloupek 12 mm DI5M3X12
1x bateriový konektor 006-PI



Stopky / prostý čítač

- měřič kapacity akumulátorů -

stavebnice č. 498

Modul stopky je v zapojení Měřiče kapacity akumulátorů určen pro měření doby vybití článku od jeho připojení do poklesu napětí na hladinu vybití. Protože byl pro minimalizaci výsledného modulu použit jako řídicí jednotka mikroprocesor, bylo zapojení doplněno o další užitečnou funkci.

Kapacita akumulátorů je dána součinem vybíjecího proudu a doby vybití článku z plně nabitého do zcela vybitého stavu. Jednotkou jsou poté mAh [miliampér, hodina] nebo Ah [ampér, hodina] podle toho, v jaké jednotce byla do vzorce vložena hodnota vybíjecího proudu. Abychom tuto hodnotu mohli spočítat, můžeme buď dobu vybití osobně hlídat, nebo je nutné použít samostatné zapojení, které by s vybíjecím zařízením spolupracovalo. Proto byl vyvinut tento modul.

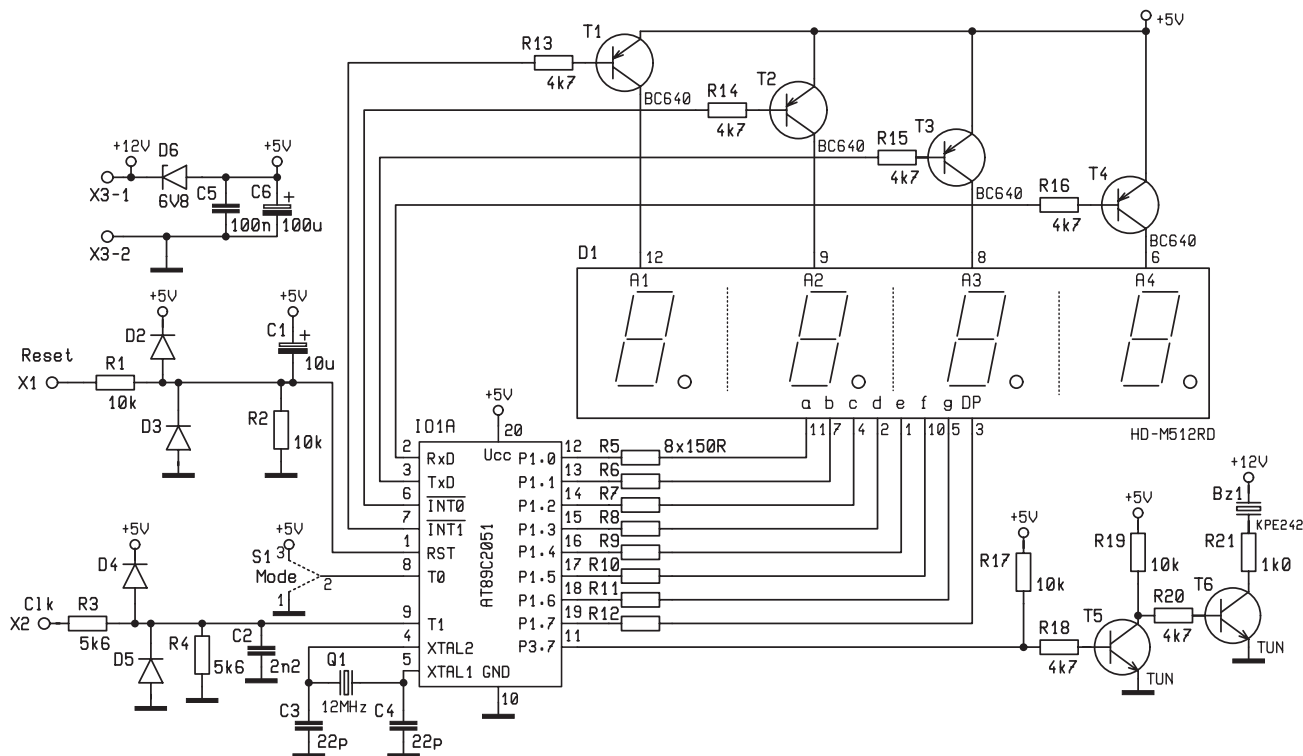
Shodou okolností však po vytvoření stopky zbyl na procesoru volný port, pro který nebylo využito, a tak bylo zapojení navíc doplněno o funkci prostého počítání došlých impulsů. Výběr zvoleného režimu pak lze realizovat napevno již při osazování plošného spoje, zkratovací propojkou nebo přepínačem. Vlastní zapojení stavebnice je velmi jednoduché, protože všechny funkce obstarává právě procesor IO1 typu 89C2051, který je

taktován na snadno dělitelném kmitočtu 12 MHz. Ovládání je realizováno pomocí vstupů nulování a spouštění a propojky S1 pro výběr režimu činnosti mezi stopkami a čítačem.

Je-li S1 připojen na +5V (propojeny vývody 2-3 S1), je vybrán režim stopky, v opačném případě pracuje IO1 jako prostý čítač. Nulování procesoru se provádí klasicky přivedením log. H na nulovací vstup IO1, což při spuštění zajišťuje kondenzátor C1 a rezistor R2, který po nabití kondenzátoru udržuje na vstupu log. L. Vnější nulovací signál se přivádí na vývod X1. Diody D2 a D3 chrání procesor před přepětím v případě řízení napětím s jiným potenciálem, čehož je využíváno i při použití v součinnosti s modulem nastavení a vybití. Aby nedošlo ke zkratu v případě vyššího nebo nižšího napětí přivedeného na X1, je do série zapojen ochranný rezistor R1. Řízení se připojuje na vývod X2, který má rovněž ochranný rezistor R3, a přepětíové diody D4

a D5. Protože výchozím stavem vývodu T1 procesoru je log. H (zajišťována interně pomocí rezistoru) a ovládání se provádí rovněž stavem log. H, zajišťuje rezistor R4 umělé stav log. L. Přivedením kladného napětí na vstup X2 se aktivuje počítání času či přičtení impulsu. Blokovací kondenzátor C2 zabraňuje pronikání vnějších rušivých signálů na řídicí vstup obvodu. Obě dvojice rezistorů R1/R2 i R3/R4 však současně pracují i jako odporové děliče s dělicím poměrem 2:1. Hodnoty jsou určeny právě pro potřeby použití v měřiči kapacity akumulátorů, pro jiné řídicí úroveň je bude pravděpodobně nutné upravit.

Napájecí napětí pro procesor je 5 V, zatímco napájecí rozvod v "Měřiči kapacity akumulátorů" je 12 V. Aby nebylo nutné vytvářet další stabilizovaný zdroj pro modul stopky, je v sérii s napájením zapojena Zenerova dioda s napětím 6,8 V, na niž vzniká úbytek napětí odpovídající Zenerovu napětí diody. Aby nebyla dio-



Obr. 1 - Schéma zapojení

da výkonově přetěžována, je piezo napájeno z 12 V před omezovacím prvkem.

Čtyřmístný displej je k procesoru připojen způsobem obvyklým pro multiplexní režim. Protože byl použit displej typu HD-MD512RD s vysokou svítivostí a výsledný jas je plně vyhovující, postačí pro jeho buzení možnosti proudového zatížení procesoru bez použití budičů segmentů. Port 3.7 procesoru je využíván pro potřeby zvukové signalizace stavu modulu, a to ve spojení s invertorem T5 a spínacím tranzistorem T6. Rezistor R21 není nutný, slouží jen k omezení hlasitosti měniče.

V režimu stopek je počínání zahájeno ihned po nástupu log. H na vstup T1 procesoru. Jakmile je stavem log. L zastaveno či přerušeno, ozve se z pieza přerušovaný signál, který trvá po dobu cca 30 sekund a poté vypíná. Po spuštění či vynulování se vždy začíná od času "0.00" – v minutách a vteřinách. Po přetečení přes "59.59" se zobrazení mění na "1.00." - hodiny a minuty. Je-li vstup v logické 1, stopky běží (desetinná tečka, resp. tečky blikají s periodou 1 vteřiny), je-li vstup v logické 0, stopky stojí (desetinná tečka, resp. tečky trvale svítí). Vždy při rozběhnutí stopek krátce pípne piezo, vždy při zastavení začne piezo pípat přerušovaně (640 ms pípnutí a 360 ms ticho) po dobu 30s. Pokračovali se s měřením dříve než po této době, piezo přestane pípat. Je-li dosaženo času

"99.59." – hod+min, je v následující vteřině zobrazeno "-.-" a rozezní se přerušovaně piezo (200 ms pípnutí a 100 ms ticho, trvale). Z tohoto stavu lze vyjít pouze vynulováním procesoru.

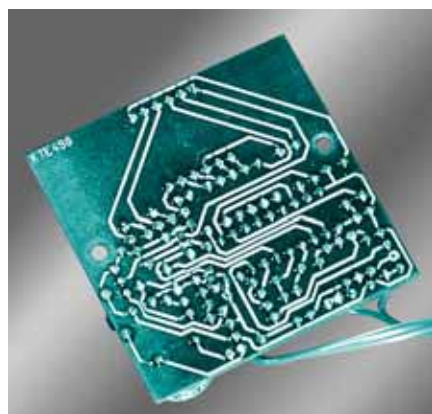
Je-li nastaven mód prostého čítače, objeví se na displeji po připojení napájení nejprve informace o zvoleném módu "C_{it}", která zůstane zobrazena cca 5s, a dále se ozve krátký zvukový signál vždy v okamžiku přičtení impulsu, tedy v okamžiku přechodu vstupu T1 IO1 z log. L do H. Výchozí hodnotou čítače je stav "0.", zatímco konečným "9999.", po kterém se ozve zvukové znamení. Další čítání je pak možné pouze po ručním vynulování procesoru.

Stavebnice je zapojena na jednostranné desce plošných spojů, která se k panelu krabičky připevňuje pomocí dvou distančních sloupků délky 10 mm. Před osazováním nejprve převrtáme pájecí body displeje a pieza na průměr 1 mm a upevňovací otvory. Nyní můžeme

udat všechny součástky podle obvyklého pořadí. Pro snížení stavební výšky plošného spoje je třeba všechny součástky před zapájením pečlivě přitlačit k desce a na pozicích elektrolytických kondenzátorů použít miniaturní typ. Ze stejného důvodu není vhodné použití patice pod procesorem.

Zkratovací propojku můžeme nahradit přepínačem nebo pevnou propojkou podle potřeby použití. Rovněž je možné vynechat piezo, případně jej doplnit vypínačem pro případ, že by zvukové signály mohly působit rušivě.

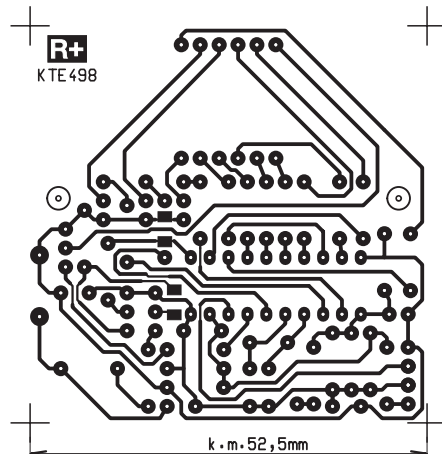
Zapojení bylo upraveno tak, aby možnosti jeho využití byly co nejvyšší, i za cenu změny hodnot součástek. Na fotografiích můžete rovněž vidět úpravu do



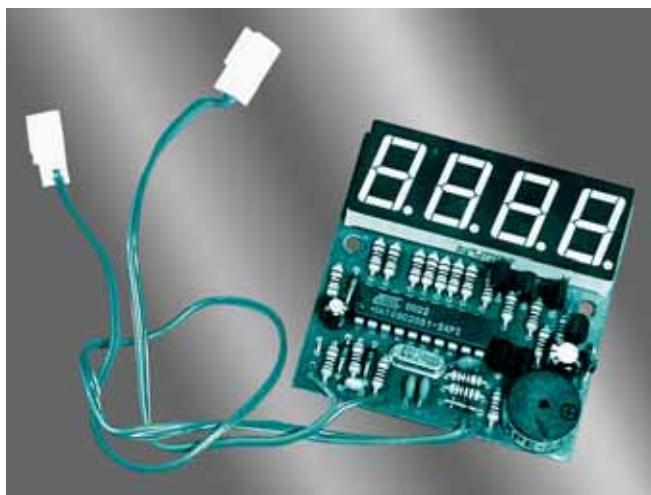
podoby příručního měřicího přístroje či spíše přípravku, který ocení především ti, kdo se někdy při práci setkali s potřebou zjištění přítomnosti krátkého impulsu, či měření dlouhých intervalů s napájením z 9V baterie (pro tento účel se změnila hodnota D6 na 3V9). Takové situace nastávají především při oživování a opravách přístrojů, které pracují s krátkými impulsy v dlouhých časových intervalech, které je pomocí osciloskopu či logické sondy velmi snadné přehlédnout. Podobně měření délky času mezi dvěma impulsy s trváním 1 minuty a více je s hodinkami v ruce nanejvýš pochybné a obtížné. To pochopitelně každý, kdo se takovou situací setkal, velmi dobře zná.

Z výše uvedených důvodů (i dalších nezmiňovaných) věříme, že právě modul stopek/prostého čítače bude čtenářsky velmi úspěšný, a to nejen jako součást Měřiče kapacity akumulátorů, ale – a to především – jako příruční přípravek pro oživování a opravy jiných zařízení.

Stavebnici stopek/prostého čítače si můžete objednat všemi obvyklými způsoby, tedy e-mailem redakce@radioplus.cz, telefonicky, faxem i písemně (tel.: 02/24818885, tel./fax: 02/24818886) nebo také na formuláři na internetové stránce www.radioplus.cz. Cena této stavebnice je 655 Kč.



Obr. 2 - Plošné spoje



Seznam součástek

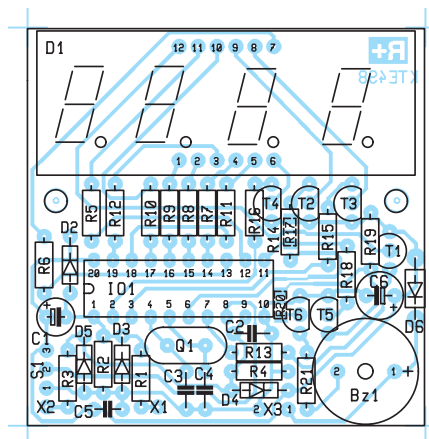
R1, R2, R19	10k
R3, R4	5k6
R5 – R12	150R
R13 – R16, R18	4k7
R17	10k SMD 1206
R20	4k7 SMD 1206
R21	1k0
C1	10µ/10VM
C2	2n2
C3, C4	22p
C5	100n
C6	100µ/16VM
D1	HD-M512RD
D2 – D5	1N4148
D6	6V8/1,3W

T1 – T4	BC640
T5, 6	TUN
IO1	AT89C2051
Q1	12MHz miniaturní
Bz1	KPE242
1x plošný spoj KTE498	

**Volitelné doplňky
– přenosné provedení**

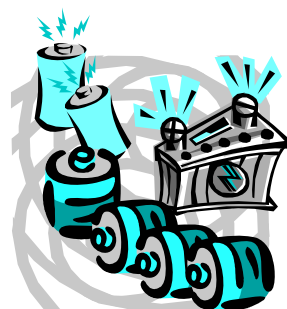
- 1x krabička KM33C
- 1x bateriový konektor 006-PI
- 1x Zenerova dioda 3,9 V/1,3W
- 2x přepínač B070B (vypínač, přepínač funkcí)

Software vyvíjen ve spolupráci s panem Janem Davidem.



Obr. 3 - Rozmístění součástek

Univerzální nabíječ akumulátorů



stavebnice č. 495 – 499 — úvod

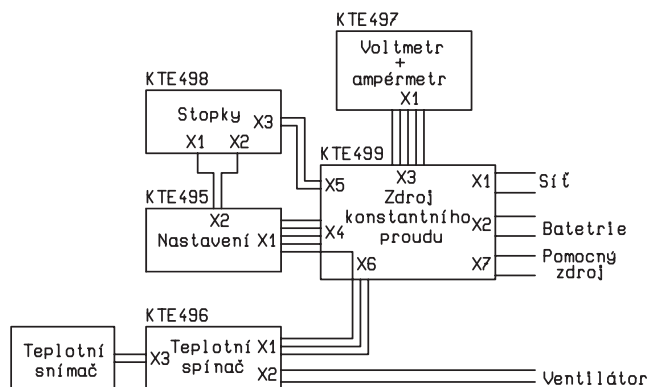
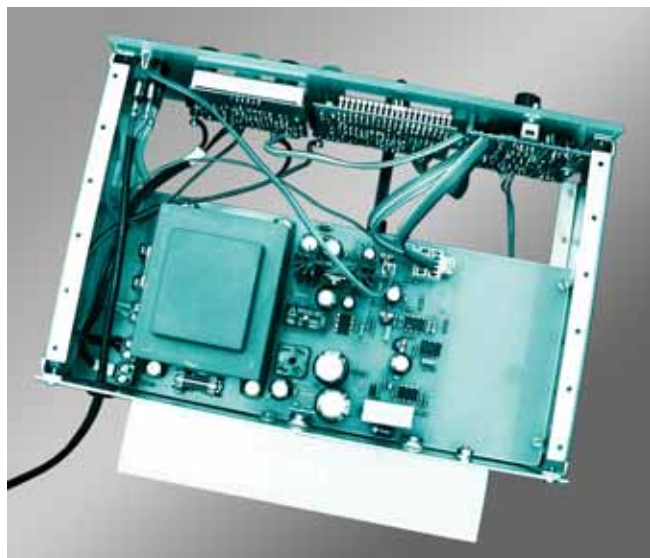
V dnešní době se technologický vývoj v elektronice zaměřuje, především díky mobilním komunikacím, na neustálé snižování energetické náročnosti zařízení pro možnost využití bateriového napájení. Tím stoupl zájem o akumulátory všech typů a pochopitelně i o jejich nabíječe. Sortiment nabíjitelných baterií je však velmi široký nejen díky různým tvarům článků, ale i pro rozdílné kapacity a technologie výroby a každý typ při tom vyžaduje jiný způsob nabíjení. Akumulátory a péče o ně se tak stávají takřka vědní disciplínou, do které se jen těžko proniká. Pro snazší orientaci naleznete na str. 19 až 25 samostatný článek zabývající se touto problematikou.

Nejprve pár slov úvodem do složitosti nabíjení a nabíječů. Na našem trhu lze nyní nalézt širokou paletu akumulátorů různých kapacit vyrobených různou technologií za velmi rozumné ceny. Rozmanitost nabízených technologií (chemických procesů probíhajících uvnitř článku) umožňuje vybrat akumulátor, jehož vlast-

nosti budou co nejlépe vyhovovat potřebám našeho použití. Bohužel každá z použitých technologií vyžaduje jiné nabíjení a tedy i jiný nabíječ. To vše navíc umocňuje skutečnost, že různí výrobci doporučují různé druhy a hodnoty pro nabíjení. Tedy i články stejného typu a kapacity, ale od různých výrobců vyžadují různé nabíječe. Chcete-li se tedy o baterie řádně starat, aby vydržely co

nejdéle, vede to k potřebě nákupu řady nabíječů.

Rovněž se vedou složité diskuse o nejlepším režimu a rychlosti nabíjení, potřebě vybíjení a paměťovém efektu. Najdou se zastánci (a není jich málo) metody pulzního nabíjení, při kterém jsou články nabíjeny vysokým proudem po krátké časové intervaly, po nichž následuje pauza během které v baterii doznívají chemické procesy. Pulzní nabíjení (má-li být kvalitní) však vyžaduje proce-



Blokové schéma

nabíjecí parametry				
typ článku	jmenovité napětí [V]	konečné nabíjecí napětí [V]	R18 (R19) [kΩ]	R20 [kΩ]
NiCd	1,2	1,45	56	10
NiMH	1,2	1,45	56	10
Li-ion	3,7	4,2	13	10
RAM*	1,5	1,65	51	10
NiFe	1,2	1,75	47	10
Pb	2,1	2,8	27	10

* Rechargeable Alkaline Manganese – nabíjecí alkalické články; napětí naprázdno, nabíjet max. 0,6 mA

Tab. 2 - Mezní hodnoty pro nabíjení baterií

sorové řízení, kontrolu teploty článku a nelze jej snadno aplikovat pro rozdílné počty a kapacity článků. Sami výrobci si často odporují v názorech na pulzní nabíjení a přestože přiznávají jeho vyšší účinnost, s odvoláním na životnost článků jej někteří nedoporučují. Na našem trhu se nachází i velké množství monolitických integrovaných obvodů určených pro nabíjení baterií, avšak řada z nich má rovněž omezené možnosti použití a lze je tedy aplikovat pouze v jednocelových nabíječkách.

V neposlední řadě se často spekuluje o způsobu identifikace nabitého článku a potřebě sledování různých fyzikálních veličin při nabíjení – především teploty článku. Kontrolu teploty článku mají zabudovány prakticky všechny monolitické integrované obvody určené pro nabíjení akumulátorů, v praxi je však jejich použití přinejmenším obtížné, ne-li přímo sporné. Je totiž nutné zajistit kvalitní přenos tepla mezi čidlem a článkem, což je v amatérských podmínkách problematické. A jasno není ani v potřebě identifikace nabitého článku. V dnešní době jsou snad již nabíječe s konstantní dobou nabíjení přežitě. Kontrola napětí článku, která je obecně považována za nedostatečnou, se však pro svoji jednoduchost používá stále jako hodnota pro ukončení nabíjení. Inteligentní nabíječky používají pro ukončení nabíjení zmenšení přírůstku napětí na baterii, či dokonce jeho pokles (NiCd) a tato metoda je považována za nejpřesnější. Protože však přírůstky napětí jsou jen velmi malé, vy-

žaduje tato metoda velmi vysokou přesnost měření a především nastavení, což ji pro amatérské potřeby diskvalifikuje.

Pro ty, kdož pracují pravidelně s akumulátory různých typů a kapacit se tedy vyplatí zakoupit nabíječku univerzální. Její cena se však může pohybovat v cenách od 5 000 ÷ 35 000 Kč, což je pro obyčejného amatéra opravdu mnoho. Proto nyní přinášíme stavebnici univerzálního nabíječe, který sice problematiku nabíjení poněkud zjednodušuje, avšak na druhé straně vyhoví potřebám naprosté většiny akumulátorů aniž by jim jakkoliv uškodil. Ten, kdo se stavbou univerzální nabíječky někdy zabýval zjistil, že je velmi obtížné nalézt kompromis mezi univerzálností použití a jednoduchostí obsluhy. Právě jednoduchosti obsluhy bylo zapojení podřízeno, aby nedocházelo k potřebám složitých výpočtů nabíjecích proudů a mezního napětí.

Univerzální nabíječka je určena pro nabíjení až 24V akumulátorů proudem až 1 A metodou konstantního proudu. Nastavení nabíjecích parametrů se provádí převážně pomocí přepínačů, kterými lze navolit typ baterie, počet článků a režim nabíjení. Pouze nabíjecí proud se pro rozmanitost kapacit nastavuje potenciometrem ve dvou hladinách 1 A a 10 A. Přestože stavebnice umožňuje i pulzní nabíjení, není její zapojení pro tuto metodu určeno a není tak přítomna např. kontrola teploty článků. Nabíjení se ukončuje dosažením napětí na člancích příslušné meze.

Zapojení nabíječe akumulátorů se skládá z různých modulů propojených dle blokového schématu. Pro použití nabíječky jsou však nezbytné pouze dva – Zdroj konstantního proudu KTE500 a Blok nastavení KTE495. Ostatní moduly (blok voltmetru, stopky, teplotní snímač) jsou volitelné a slouží výhradně ke zvýšení komfortu obsluhy nabíječky.

Blok nastavení je znám z modulové stavebnice Měřiče kapacity akumulátorů a byl uveřejněn v minulém čísle našeho časopisu. Modul zdroje konstantního proudu, obsahuje i napájecí zdroj pro nabíjení i pomocné obvody a bloky. Pro snížení výkonové ztráty na výkonových prvcích se používá dvou nabíjecích napě-

tí. Protože možnosti napájecího transformátoru jsou omezené proudem 1 A a nebylo by tedy možné použít elektroniku nabíječe např. pro autobaterie, umožňuje zapojení připojení externího zdroje 30 V dostatečně proudově dimenzovaného a zvýšit tak nabíjecí proud až na 10 A.

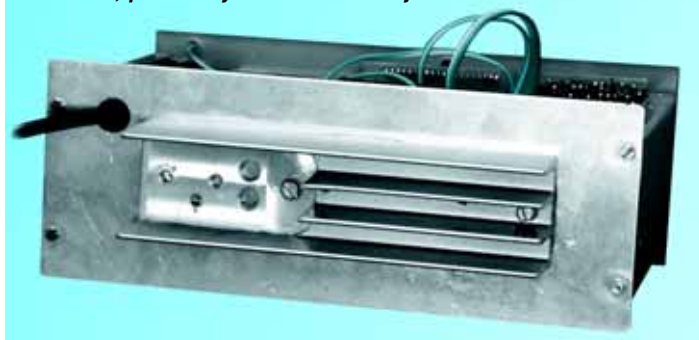
Protože s výjimkou bloku zdroje konstantního proudu byly ostatní bloky vyvíjeny pro potřeby Měřiče kapacity akumulátorů, byť bylo s použitím v nabíječe počítáno, vyžadují některé drobné úpravy. Jedná se především o blok nastavení, kde dochází ke změnám hodnot některých součástek a přistupuje jeden kondenzátor. Při vývoji nabíječky bylo nutné doplnit do bloku nastavení kondenzátor C12 (2n2) připojený mezi neinverující vstup a výstup operačního zesilovače IO2A, následně byl upraven i plošný spoj stavebnice KTE495. Zájemci o naše stavebnice dostanou pochopitelně upravené schéma i plošný spoj spolu s návodem ke stavbě, ostatní naleznou úpravy na našich internetových stránkách na adrese www.radioplus.cz/nabijec.html. Změny hodnot součástek se týkají rezistorů R18-R20 určujících hladiny napětí nabitého článku (viz tab.1), dále pak rezistoru R36 jehož hodnota se změní ze 100R na 1k0. Rovněž je nutné osadit rezistor R39 (zakreslen čárkovaně), který ovládá tranzistor T4 blokující nabíjení. Naopak není nutné osazovat rezistory R33, R35 a tranzistor T3, a to i v případě použití bloku stopek, neboť nulování stopky by v tomto případě nefungovalo. Poloha 1 přepínače S1A bude v tomto případě nečinná slouží pro potřeby odstavění nabíječky v zapnutém stavu. Ve stávajícím zapojení jsou polohy 3 – 6 určeny pro pulzní nabíjení se střídou 1:1. Neosazením diody D2 lze střídu změnit na 2:1, případně ji lze dále upravit dle vztahu: **nabíjení – 0,69 × R30 × C**

pausa – 0,69 × (R29 + R30) × C.

Ostatní bloky zůstávají beze změn. Použití bloku teplotního snímače záleží na potřebách uživatele, resp. na kvalitě chlazení výkonových prvků v bloku zdroje konstantního proudu.

Jak již bylo zmíněno, naleznete podrobnější pravidla pro nabíjení včetně příslušných nabíjecích hodnot v článku Vlastnosti nabíjecích článků na stranách 19 až 25 tohoto čísla.

Jak vidno, použit byl chladič ze zdroje "EVA" ZPA Děčín...



Rýchlonabíjačka

pre batérie NiCd, NiMH, SLA a Li-ion s obvodmi Philips TEA 1102

Jaroslav Huba – pcwork@pobox.sk

Úvodom

Nabíjacie batérie a nabíjačky k nim patrili vždy k vďačným námetom amatérskych konštrukcií. Dnes dostávajú s príchodom špecializovaných obvodov možnosť dopracovať sa takmer k dokonalosti. Námet na stavbu takéhoto zariadenia nemusí byť zaujímavý len pre modelárov a rádioamatérov, ktorí používajú výlučne batériové napájanie. Iste zaujme aj servisných technikov výpočtovej techniky a inej špecializovanej prenosnej elektroniky. Všade tam sa totiž dnes v hojnej miere využívajú nabíjacie články a kvalitná nabíjačka je často potrebná.

Aké obvody použiť?

Dnes existuje viacero renomovaných výrobcov integrovaných obvodov, ktorí vo svojom sortimente majú aj jednocelové obvody pre nabíjačky. Jedným z nich sú aj obvody TEA 1102 od Philips. Nasledujúci popis som prevzal z firemných materiálov Philips Semiconductor prostredníctvom Internetu. Najzaujímavejšie na popise bolo uverejnenie kompletného testovacieho a aplikačného zapojenia vrátane obrazcov plošných spojov. Verím, že takéto informácie budú užitočné aj pre ostatných čitateľov.

Stručný popis obvodu

V uvedenom zdroji [1] sú obvody TEA podrobne popísané, vrátane všetkých technických údajov a grafov. Všetky informácie sú pre konštruktérov profesionálov veľmi užitočné. My sa však pozrieme len stručne na najzákladnejšie vlastnosti a povieme si niečo o praktickej konštrukcii samotnej nabíjačky.

Základné informácie o obvodech:

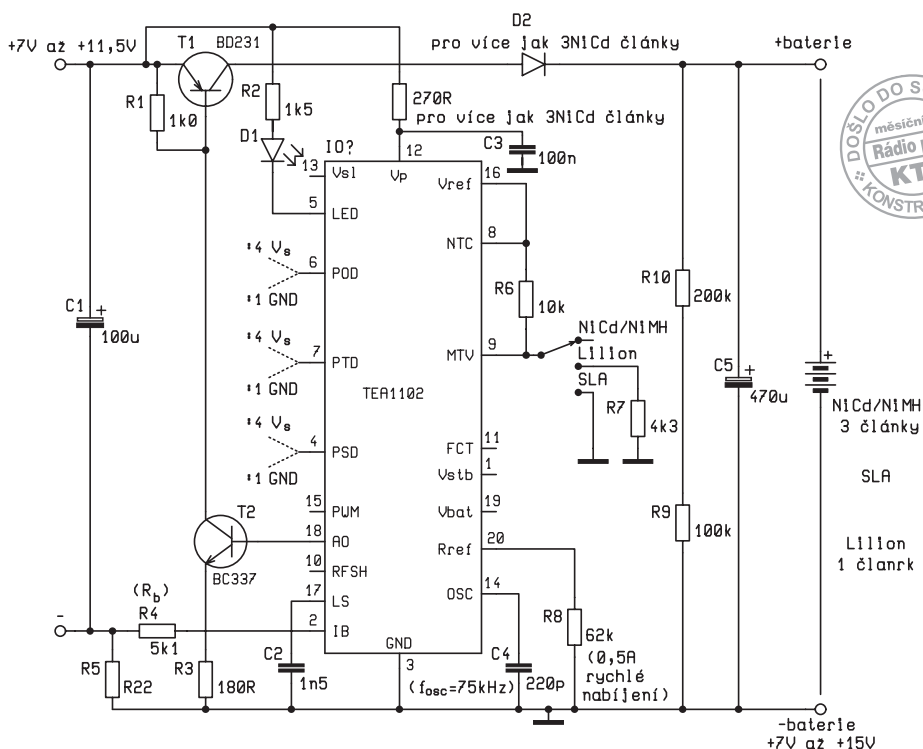
- Umožňujú bezpečné a rýchle nabíjanie batérií typu Nickel Cadmium (NiCd), Nickel Metal Hydride (NiMH), Lithium Ion (Li-ion) a Sealed Lead Acid (SLA) – uzavretých olovených batérií.
- Využívajú tri nabíjacie režimy pre NiCd a NiMH: rýchle nabíjanie, sledovanie plného nabitia a nabíjanie pulzujúcimi dávkami prúdu.
- Pre batérie typu Li-ion a SLA sú určené dva režimy – prúdové a napäťové obmedzenie.

- Nastaviteľný prúd rýchleho nabíjania (od polovice až po päťnásobok ampérovej kapacity článkov).
- Sledovanie maxima jednosmerného napätia a nabíjanie impulzným prúdom (NiCd a NiMH).
- Plná detekcia koeficientu nárastu teploty batérie $\Delta T/\Delta t$.
- Automatické prepínanie presnosti detekcie vrcholového napätia pokiaľ nie je použitý snímací termistor NTC.
- Umožňujú používať súčasne DT/Dt a detekciu vrcholového napätia ako hlavné vypínanie rýchleho nabíjania.
- Podpora blokovania počas všetkých nabíjacích režimov.
- Manuálne občerstvovanie s regulovateľným nastavením vybíjacieho prúdu (NiCd a NiMH).
- Napäťová regulácia pokiaľ je batéria odpojená.
- Podpora indikácie nabíjania odvodená od napätia batérie a akustickej signalizácie vloženej batérie, konca občerstvovania a plného nabitia.

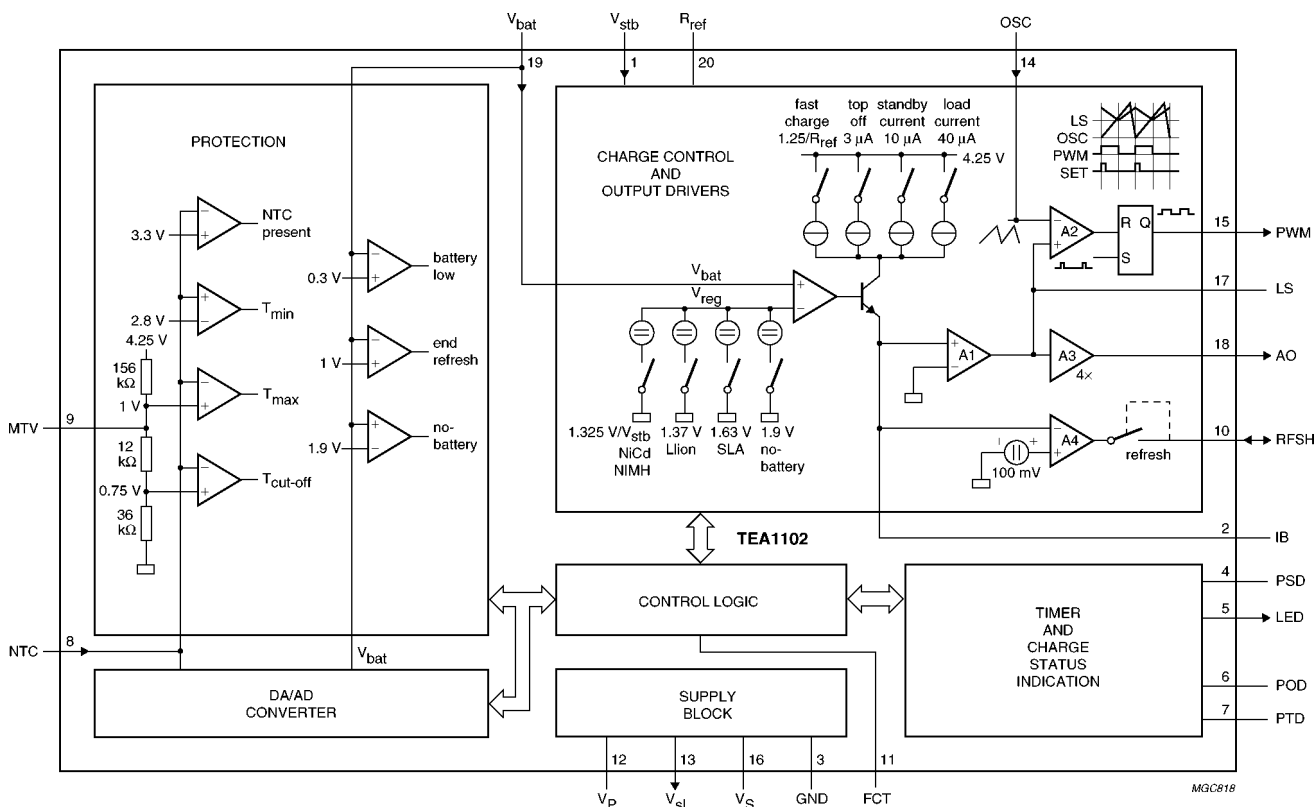
- Jedno, dvoj a oddelené výstupy pre LED indikáciu stavu nabíjania.
- Minimálna a maximálna teplotná ochrana.
- Ochrana voči skratu batérie.
- Môžu byť použité s minimálnym počtom externých komponentov.

Hlavné vlastnosti obvodov

Obvody TEA1102 a TEA1102T sú špeciálne určené pre konštrukciu rýchlo nabíjačiek NiCd a NiMH ako aj pre SLA a Li-ion batérií. Hlavný spôsob ukončenia nabíjania pre NiCd a NiMH batérie je sledovanie nárastu teploty batérií – pomer $\Delta T/\Delta t$ ako aj detekcia špičkového napätia. Obidva spôsoby sú veľmi dobre overené v praxi. Obvody sa automaticky prepínajú z režimu sledovania teploty na systém sledovania špičkového napätia v prípade poruchy termistora alebo v prípade jeho neprítomnosti. Citlivosť detekcie $\Delta T/\Delta t$ je teplotne kompenzovaná, čo predchádza chybám v ukončovaní nabíjania. Obvody rozlišujú tri spôsoby nabíjania.



Obr. 1 - Schéma zapojenia



Obr. 2 - Bloková schéma

ania: rýchle nabíjanie, nabíjanie do najvyššieho napätia a pulzujúce dobíjanie. Nabíjanie Li-ion a SLA batérií je principiálne odlišné. Pokiaľ batérie dosiahnu svoje maximálne napätie (nastaviteľné) obvod TEA 1102 sa prepne z režimu prúdovej regulácie na napäťovú reguláciu. Po vopred definovanom časovom úseku, ktorý je závislý od kapacity batérie a nabíjacieho prúdu, je nabíjanie ukončené. Z dôvodu malých hodnôt samovybájania týchto typov batérií je možné vynechať pulzujúce dobíjanie.

K obvodu TEA1102 je možné pripojiť viacero LE diód, ako aj akustický bzuchák pre indikovanie vloženia batérie, stavu nabíjania, plného stavu batérií a ochranného režimu.

Obvody TEA 1102 sa vyrábajú v prevedení 20 vývodového puzdra DIP20 alebo SO20 a sú zhotovené technológiou BiCMOS.

Hlavné parametre obvodov TEA 1102 nájdete v tabuľke. Okrem týchto údajov je v lit. [1] aj množstvo podrobnejších tabuliek a grafov potrebných pre návrhára aplikačného zapojenia.

Základné činnosti pri nabíjaní

Všetky typy batérií sú spočiatku nabíjané nastaviteľne veľkým prúdom. Rýchle nabíjanie je ukončené v závislosti od typu batérie. Pre NiCd a NiMH batérie je hlavné nabíjanie ukončené v závislosti od pomeru $\Delta T/\Delta t$ a (alebo) detekcie špičkového napätia a pre SLA a Li-ion baté-

rie vtedy, keď napätie batérií dosiahne 2,45 až 4,1 V.

Režim rýchleho nabíjania je nasledovaný periódou tzv. *top-off* pre NiCd a NiMH batérie a *fill-up* pre SLA a Lilon batérie. Počas periódy *top-off* sú batérie nabité na maximálnu kapacitu pri zníženom nabíjacom prúde. Počas režimu *fill-up* sú SLA a Li-ion batérie nabité na maximálnu kapacitu pomocou konštantného napätia a postupne znižovaným prúdom. *Fill-up* a *top-off* perióda končí po vypršaní časového intervalu, alebo približne po jednej hodine.

Po *fill-up* a *top-off* perióde obvod TEA 1102 prepne všetko do režimu *stand-by*. Pre NiCd a NiMH batérie môže byť zvolený jeden z dvoch režimov: napäťová regulácia alebo pulzujúce dobíjanie. Napäťová regulácia sa používa, pokiaľ je batéria pripojená k pevnej záťaži. Pulzujúce dobíjanie ochraňuje batériu pred vybíjaním po dlhú dobu. Pre batérie SLA a Li-ion je nabíjací prúd počas režimu *stand-by* vypnutý. Režim rýchleho nabíjania je znovu započatý, pokiaľ napätie batérií klesne pod 1,5 V (SLA) alebo 3 V (Li-ion).

Nabíjacie princípy

Nabíjanie NiCd a NiMH batérií

Pokiaľ je pripojené napájacie napätie a sú vložené batérie môže začať rýchle nabíjanie. Počas rýchleho nabíjania je monitorovaná teplota batérií a ich napätie. Pri prekročení zadaných teplôt

a napätí, systém všetko prepne na nabíjací prúd režimu *top-off*.

Obvody TEA1102 podporujú detekciu plného nabitia batérií NiCd a NiMH podľa dvoch nasledovných kritérií: $\Delta T/\Delta t$ a detekcia napäťových špičiek.

Aby sa zabránilo zlému ukončeniu rýchleho nabíjania vplyvom týchto detekcií sú všetky ku koncu nabíjania vypnuté a obvod automaticky prechádza do zvláštného dobíjacieho stavu. Počas tohto dochádza k takmer 100 % nabitiu batérie ešte pred prechodom systému do režimu *stand-by*.

Po nabití batérie na 100 % je prípadné vybitie (spôsobené záťažou alebo samo vybíjaním) kompenzované pomocou napäťovej regulácie alebo pulzujúceho dobíjania.

Pokiaľ sú batérie dobíjané v kombinácii so záťažou, obvod TEA1102 môže byť naprogramovaný pre aplikovanie napäťovej regulácie počas *stand-by* režimu. V takomto prípade vybitie batérie spôsobené samo vybíjaním alebo záťažou je odstránené. Regulačné napätie je nastaviteľné podľa napäťovej charakteristiky batérie. Kvôli bezpečnosti batérií je nabíjací prúd limitovaný a teplota kontrovaná počas napäťovej regulácie.

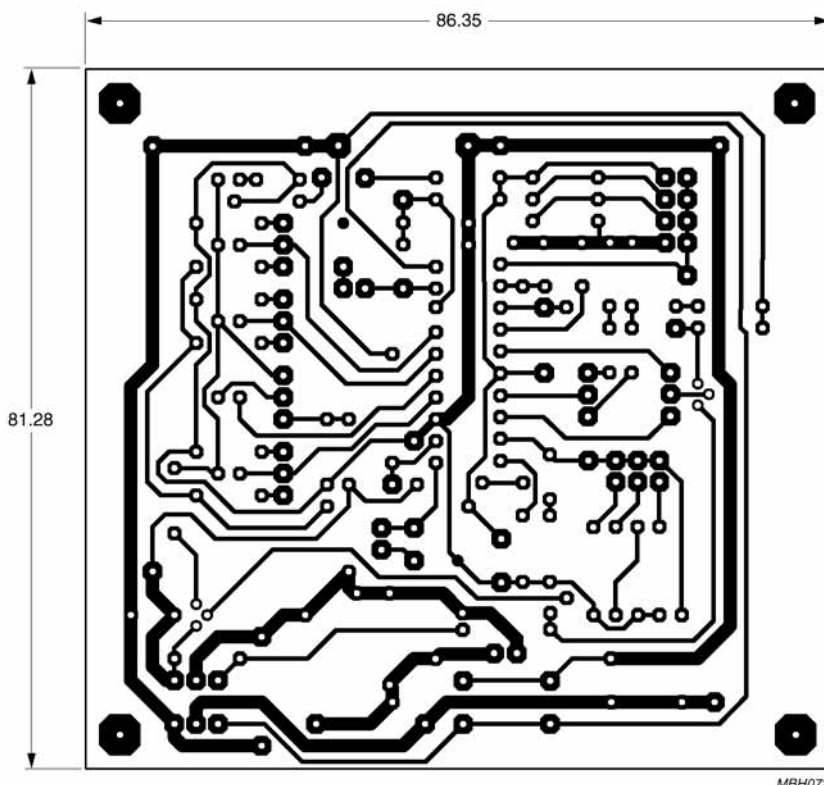
K odstráneniu tzv. pamätového efektu NiCd batérií môže byť manuálne aktivovaný tzv. *refresh* batérií. Pri tomto sa batéria najprv dôkladne vybijie cez výkonový tranzistor ako záťaž. Vybíjací prúd je regulovaný pomocou obvodu

TEA1102 v kombinácii s týmto tranzistorom. Po vybití batérie na hodnotu 1 V na článok, systém sa automaticky prepne na rýchle nabíjanie.

Nabíjanie Li-ion/SLA batérií

Nabíjanie týchto typov batérií je principiálne odlišné od predošlých. Batérie budú nabíjané pomocou nabíjacieho prúdu o veľkosti 0,15 ampérovej kapacity až pokiaľ ich článkové napätie je blízko minimálneho napätia 0,9 V pre Li-ion alebo 0,45 V pre SLA. Pri použití dobrých batérií napätie batérií vzrastie na tieto hodnoty za pomerne krátky čas. Pokiaľ sú batérie skratované, napätie nedosiahne 0,9 V počas jednej hodiny a systém bude prepnutý do režimu *cut-off*. To znamená, že výstupné obvody AO a PWM budú nastavené na nulu a nabíjanie batérií bude môcť pokračovať až po resete napájacieho napätia. Pokiaľ je napätie dobrej batérie v oblasti minimálnej napäťovej úrovne bude batéria nabíjaná s programovateľným rýchlym nabíjajúcim prúdom.

Ak sú použité tieto typy batérií je stav nabitia detekovaný, pokiaľ napätie batérie dosiahne 4,1 alebo 2,45 V. V tomto bode sa prepne obvod s prúdového nabíjania na napäťovú reguláciu. Dochádza potom k úplnému nabitíu batérie. Po tejto dobe je nabíjací prúd neregulovaný, čo znamená že výstupné obvody AO a PWM sú nastavené na nulu. Pokiaľ napätie batérie klesne k hodnote 3 V pre Li-ion a 1,5 V pre SLA, integrovaný obvod začne opäť pracovať v režime rýchleho dobíjania.

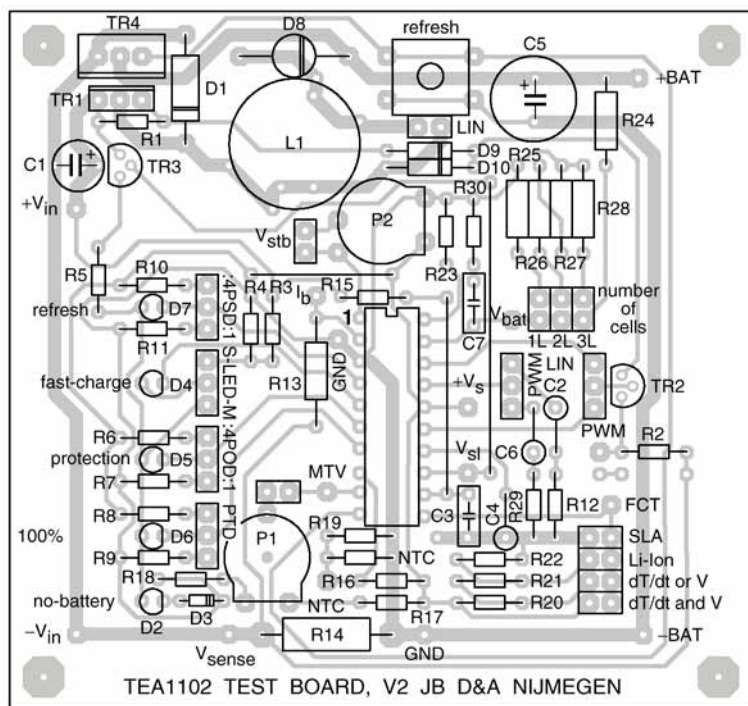


Obr. 3 - Obrazec plošných spojov pokusnej dosky

Bloková schéma

Na podrobnej blokovej schéme – obr. 2 môžeme vidieť ako sú zapojené vnútorné časti tohto zložitého jednocelového obvodu. Tento sa skladá najmä z radiacej logiky, ktorá kontroluje činnosť DA/AD prevodníka, obvodov ochrany, ča-

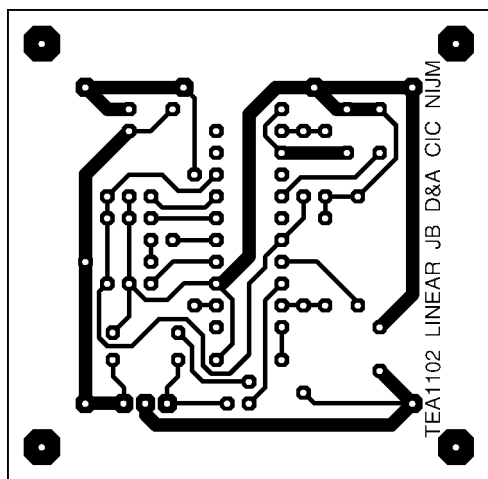
sovača a indikátora stavu nabíjania ako aj samotných nabíjajúcich a výkonových obvodov. Obvody ochrany dokážu zaregistrovať najmä poruchu tepelného snímača NTC, nízkeho napätia batérie i stavu bez batérie. Všetky hodnoty napätí sú presne dodržané vďaka digitálnemu prevodníku priamo vstavanému v integrovanom obvode. Kontrola nabíjania je riadená pomocou jednobitových povelov, čo uľahčuje koncepciu konštrukcie nabíjačky a jej prípadné ovládanie pomocou počítača alebo aj diaľkového ovládania. V obvode je priamo vstavaný blok indikátorov stavu nabíjania, takže stačí pripojiť len externé LED, alebo akustický menič. Programovateľný oscilátorový delič umožňuje zmeniť frekvenciu oscilátora bez nutnosti zväčšovať externé indukčnosti – ak sú použité. Prepínaním deliaceho pomeru sa zachovávajú nezmenené hodnoty pre funkcie *sampling-time* a *time-out*.



Obr. 4 - Osadenie pokusnej dosky plošných spojov

Skúšobné a testovacie zapojenie

Pre potrebu odskúšania rôznych režimov činnosti a jemného doladenia konštrukcie ponúka manuál k obvodom tzv. testovacie zapojenie – obr. 2. Ide v podstate o kompletne a funkčne zariadenie, len niektoré funkcie sa dajú voliť pomocou prepojiiek. Voliteľné sú aj indikačné funkcie, počty a typ výstupných



Obr. 5 - Obrazec dosky s plošnými spoji nabíjačky

článkov. Podľa toho či budeme testovať obvod v lineárnom alebo impulznom režime je potrebné pridať alebo ubrať niektoré komponenty.

Doska plošných spojov testovacieho zapojenia

Návrh osadenia DPS nájdete na obr. 3 Oproti skutočne realizovanému zapojeniu nabíjačky je táto trošku väčších rozmerov kvôli pridaným súčiastkam. Na doske sa nachádza filtračná indukčnosť, taktiež aj prepojavacie jumpovacie kolíky.

Postup nastavenia parametrov je podobný nastavovaniu počítačových dosiek. Všetky súčiastky, vrátane tlačidla pre refresh a nastavovacieho trimra sú na spoločnej doske. Získame tak kompaktný celok pre nastavovacie a oživovacie práce. Zapojením integrovaného obvodu do päťice môžeme tento komplet použiť aj ako testovací prístroj pre kontrolu integrovaných obvodov.

Zapojenie nabíjačky v lineárnom režime

Konstrukcia konkrétnej nabíjačky pre 3 články NiCd-NiMH, 2 SLA alebo 1 Li-ion článok nájdete na obr. 1.

Popis nabíjačky:

Vstupné napätie v rozmedzí 7 až 11,5 V prichádza na emitor výkonového tranzistora TR1 a cez predradný rezistor Rsupply na vývod 12 integrovaného obvodu. Toto napätie je mierne filtrované pomocou C1. Pre potrebu pripojenia viac ako 3 článkov NiCd je nutné pridať do kolektorového obvodu diódu D2. V zapojení nie je použitý termistor na sledovanie teploty nabíjanej batérie. Typ batérie sa volí pomocou veľkosti externého rezistora R7. Napätie batérií je snímané pomocou presného odporového deliča R10 a R9. Rezistor R5 slúži ako snímací pre nastavenie hodnoty prúdu pre režim top-off. Pomocou R8 nastavíme veľkosť nabíjacieho prúdu v režime rýchleho nabíjania.

Externé vstupy deličky oscilátora, časovača a vzorkovača je možné pripájať buď na plné napätie, odpojiť alebo pripojiť do zeme. Týmto je umožnené nastavenie vnútorných deličiek na pomery :4, :2 alebo :1.

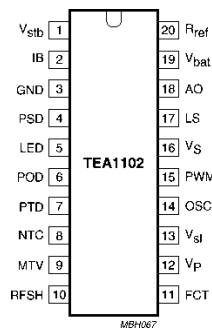
Osadenie dps

Aj pre samotnú rýchlo nabíjačku bol navrhnutý kompletný obrazec plošných spojov – obr. 5. Jeho rozmery sú menšie ako predošlé, cca 66,5 x 65 mm. Na doske sú taktiež umiestnené všetky súčiastky, vrátane výkonového tranzistora – obr. 7. Zapojenie vývodov integrovaného obvodu nájdete na obr. 6.

Výber súčiastok:

Pre správnu činnosť zariadenia je nutné dodržať presnosť hodnôt najmä snímacích rezistorov. Taktiež uvádzaná tolerancia R9 (0,1 %) je dôležitá. Rezistory s takouto presnosťou sa predávajú len v špecializovaných predajniach s elektronickými súčiastkami. V prípade, že nebudete môcť tieto zohnať vo svojom okolí, odporúčam

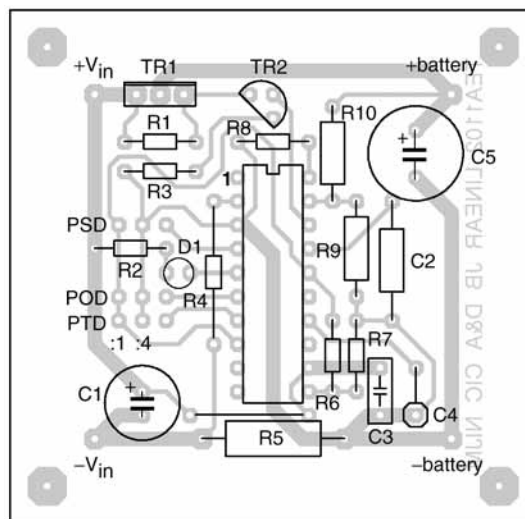
obrátiť sa na Slovensku telefonickej na číslo 088/411 3890 – firmu Copper, ktorá ich drží vo svojom sortimente stále. Ich cena je niekoľko násobne vyššia ako cena bežných 1% rezistorov. Maximálny nabíjací prúd je daný schopnosťami zdroja a kolektorovým prúdom tranzistora TR1. Pre potrebu vyšších nabíjajúcich prúdov je potrebné umiestniť tranzistor na primeraný chladič.



Obr. 6 - Zapojenie vývodov

Záverom

Pomocou takéhoto jednocelového obvodu je možné postaviť skutočne univerzálnu nabíjačku, ktorá si nájde svoje



Obr. 7 - Osadenie dosky nabíjačky

uplatnenie pri vašich koníčkoch či vážnej práci.

Lit.: /1/ Fast charge Ics for NiCd, NiMH, SLA and Lilon – Philips Semiconductors www.us2.semiconductors.philips.com/acrobat/5117.pdf



Seznam stavebnic, uveřejněných v magazínu
Rádio plus-KTE, najdete na www.radioplus.cz



Stavebnice objednávejte z ČR:

telefonicky: 02/24 81 88 85, e-mailem: redakce@radioplus.cz, faxem: 02/24 81 88 86, písemně: Rádio plus, Šaldova 17, 186 00 Praha 8.

Stavebnice a časopisy objednávejte ze SR:

telefonicky: 07/559 60 439, e-mailem: obchod@gme.sk, faxem: 07/559 60 120, písemně: GM Electronic Slovakia, Budovatelská 27, 821 08 Bratislava.

Vlastnosti a použití nabíjecích článků a akumulátorů

Ing. Ladislav Havlík, CSc.

Počet druhů nabíjecích článků se rozrůstá tak, že stěží stačíme naší myslí všechny zaznamenat. Pokusme se tedy utřídit a shrnout základní údaje o těch člancích a bateriích, s nimiž přicházíme dnes již denně do styku.

Druhy článků

První skupinu tvoří články a baterie používané v přenosných zařízeních. Jsou relativně lehké a malé. Jde o články s tuhým elektrolytem, vesměs uzavřené v neprodyšném pouzdře a většinou opatřené bezpečnostním ventilem. Jejich kapacita obvykle nepřesahuje 10 Ah. Baterie jsou často specialně tvarované pro dané zařízení (videokamery, digitální fotoaparáty, mobilní telefony, přenosná komunikační zařízení, přenosné počítače, elektrické nářadí). Řada zařízení jako přijímače, kapesní televizory, fotoblesky, walkmany, přehrávače CD či DVD, svítilny nebo hračky se spokojí s běžnými malými tužkovými články AAA, tužkovými články AA (nejčastěji), malými C a velkými monočlánky D nebo devítivoltovými bateriemi. Nabíjecí články dostávají také knoflíkový tvar, o kterých se pro jejich typovou rozmanitost nezmínujeme. Technologie všech nabíjecích článků a baterií je předmětem usilovného vývoje, daného rostoucími požadavky konstruktérů přenosných zařízení na stále lepší obnovitelné zdroje napájení. Zde se objevují nové druhy článků nejčastěji.

Pro úplnost uvádíme ještě články a baterie druhé skupiny. Jsou mnohem rozměrnější a výkonnější, s kapacitou asi od 10 do několika set Ah. Jejich elektrolyt je tekutý nebo kašovitý, nebo ho tvoří tuhá pasta. Pracují často jen ve svislé poloze, aby se zabránilo vytlití elektrolytu, případně pohnutí elektrod. Některé druhy těchto baterií s pastovým elektrolytem jsou zcela uzavřené a plyn uvolněný při jejich činnosti, zejména nabí-

jení, se stačí absorbovat do elektrod. I u těsných baterií se elektrody cítí bezpečně jen ve svislé poloze.

Ve skupině baterií s tekutým a pastovým elektrolytem jsou olověné (kyselé) akumulátory pro automobily, traktory, stavební stroje a zařízení se spalovacími motory vůbec. Patří sem také alkalické akumulátory nikloocelové, NiFe a nikloadmiové NiCd, které se používají v prostředcích železniční dopravy (startovací akumulátory lokomotiv, osvětlení vagonů) nebo jako náhradní zdroje. K alkalickým akumulátorům NiFe a NiCd je možno ještě přiřadit stříbrozinkové akumulátory (AgZn) s menšími kapacitami. Pro vysokou cenu a menší životnost je jejich použití omezené.

Nabíjení těsných článků

Základní vlastnosti článků jsou uvedeny v tab. 1, význam jednotlivých parametrů vysvětluje tab. 2.

V tab. 1 najdeme také obvyklý způsob nabíjení článků, jak ho doporučují výrobci. Používá se stejnosměrný nebo tepavý jednosměrný proud získaný jedno nebo dvoucestným usměrněním. Tepavý nebo impulzní proud zlepšuje uložení dodané energie do aktivního materiálu elektrod. Chemický proces nabíjení probíhá při tepavém nebo impulzním proudu ochotněji než při proudu vyhlazeném. Proto se ke kterémukoli způsobu nabíjení s výhodou používá tepavého průběhu nebo impulzů s proměnnou střídou od několika procent až téměř do 100 %. Na obr. 1 jsou průběhy proudu po jedno- a dvoucest-

	článek	jmenovité napětí [V]	konečné nabíjecí napětí [V]	konečné vybíjecí napětí [V]	samovybitení [%/měsíc]	normální nabíjení [I = násobek CA]	zrychlení nabíjení [I = násobek CA]
články s tuhým elektrolytem hermeticky pouzdrěné	NiCd	1,2	1,45	0,9 – 1	do 25	konst. proud 0,1 CA, 14 – 15 hod.	konst. proud 0,2 – 0,3 CA
	NiMH	1,2	1,45	0,9 – 1	do 25	konst. proud 0,1 CA, 14 – 15 hod.	konst. proud 0,2 – 0,3 CA
	Li-ion	3,7	4,2	2,3	8	konst. proud 0,1 CA dokončení: konst. napětí 4,2 V ± 1 %, náboj 1,5 CA	konst. proud 0,2 – 0,3 CA, dokončení konst. napětím 4,2 V ± 1 %
	Li-polymer	3 – 3,7	4,2	2,3	20	konst. proud 0,1 CA dokončení: konst. napětí 4,2 V ± 1 %, náboj 1,5 CA	konst. proud 0,2 – 0,3 CA, dokončení konst. napětím 4,2 V ± 1 %
	Li-metal	3	> 3,3	2	1 – 2	konst. proud 0,1 CA, 14 – 15 hod.	konst. proud 0,2 – 0,3 CA
	RAM*	1,5 naprázdno	1,65	1	doba skladování 3 – 5 let	konst. napětí 1,65 V ± 0,03 V s omezením proudu na max. 0,6 CA, 8 – 16 hod.	zesílení: konst. proud 0,2 CA, 10 hod.; prodl.: proud 0,2 CA, 15 hod.
články s tekutým nebo kašovitým elektrolytem	NiFe, alkalický	1,2	1,85	1,1	15 – 20	konst. proud 0,2 CA / 7,5 hod., klesajícím proudem, charakteristika W, obr. 12	zesílení: konst. proud 0,2 CA, 10 hod.; prodl.: proud 0,2 CA, 15 hod.
	NiCd, alkalický	1,2	1,75	1	15 – 20		
	AgZn, alkalický	1,5	2,1	1 – 1,2	20	konst. napětím 2,1 V, konst. proudem a dokončení konst. napětím	
	Pb kyselý	2,1	2,7	1,85	20 – 30	konst. proud 0,1 CA, náboj 1,2 CA, klesajícím proudem, charakteristika W	

poznámky:
* Rechargeable Alkaline Manganese = nabíjecí alkalické články
– rychlé impulzní nabíjení není v tabulce pro jeho rozmanitost uvedeno

Tab. 1 - Vlastnosti nabíjecích článků

jmenovité napětí [V]	napětí článku při proudu 0,2 CA
konečné nabíjecí napětí [V]	napětí článku na konci nabíjení proudem 0,2 CA po dobu 14 – 16 hodin
konečné vybíjecí napětí [V]	napětí článku na konci vybíjení proudem 0,2 CA
jmenovitý nabíjecí proud [A]	proud potřebný pro plné nabití článku za dobu 14 – 16 hodin – obvykle 0,1 CA, tedy nabití na 1,4 – 1,6 CA
kapacita článku CA [Ah]	náboj určený konstantním vybíjecím proudem I po dobu t, CA = I · t
jmenovitá kapacita článku CA [Ah]	náboj, který se ze článku odebere proudem 0,2 C po dobu 5 hodin
nábojová účinnost článku γ_{Ah} [%]	podíl kapacity článku při vybíjení a nabíjení
trvanlivost článků	celkový počet nabití a vybití za normální teploty 20 ± 5 °C, při kterém klesne kapacita na 80 % počáteční hodnoty kapacity zformovaného článku

Tab. 2 - Důležité parametry článků

ném usměrnění a impulzní průběh. V textu pod obrázkem jsou základní vztahy pro střidu S, střední proud I_{str} a maximální proud I_M . V tab. 1 jsou uvedeny střední hodnoty nabíjecích proudů. Téměř vždy jde o desetinné hodnoty kapacity CA!

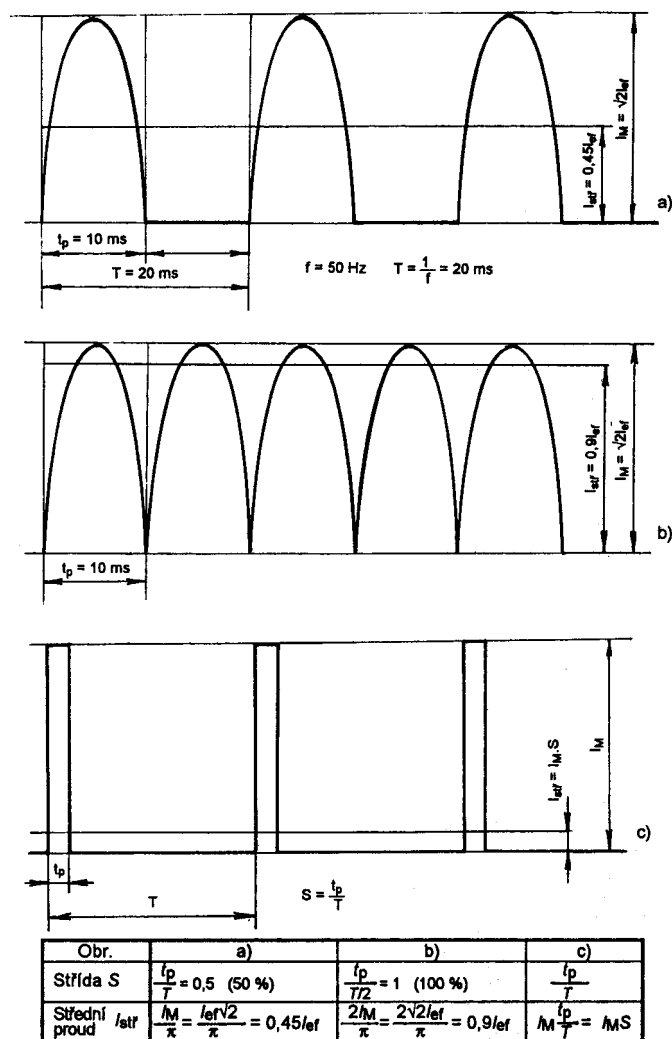
Impulzní nabíjení velkými proudovými impulzy 1 až 3 CA se používá, aby se doba nabíjení zkrátila až na 1 hodinu nebo dokonce několik desítek minut. Střída může být asi od 5 do 90 %. Prodleva mezi impulzy (interval T – t_p na obr. 1) se pohybuje od jednotek milisekund do desítek sekund. U sofistikovaných nabíječek se s postupujícím časem nabíjení zmenšuje délka nabíjecích impulzů (PWM – pulse width modulation), takže se zmenšuje střída a s ní tak klesá střední nabíjecí proud. U integrovaného obvodu ICS1700 Quick Saver firmy Integrated Circuit System, určeného pro nabíjení článků NiCd, je mezi nabíjecí impulzy 1CA dlouhé 983 ms vložen krátký vybíjecí impulz – 2,5 CA o trvání 5 ms, viz obr. 2, lit. /1/ (KTE magazín č. 10/84, str. 389). Tento patentovaný způsob nabíjení má název reflexní nabíjení. Údajně pomáhá udržet tvoření plynů v článku na přijatelné míře – aby stačily být absorbovány v materiálu anody a katody, a spíše nutí článek ukládat do svých elektrod energii a zvyšovat tak náboj.

Výrobci jsou s rychlým impulzním způsobem nabíjení srozuměni, ale sami ho většinou nedoporučují. Pokud přece, pak jen svým vlastním vyvinutým způsobem nebo dokonce vlastní nabíječkou. Firemní rychlé impulzní nabíjení ovšem dobře funguje u vlastních článků a nemusí být úspěšné u článků vyrobených jiným výrobcem a obvykle jinou technologií. Téměř vždy se jedná o nabíjení, při kterém střední proud protékající článkem se blíží hodnotě 1 CA nebo ji dokonce přesahuje. Článek je podroben tvrdému režimu, který ho proudově i tepelně přetěžuje. Procesor nabíječky v pauzách mezi impulzy musí sledovat napětí článku i jeho teplotu V případě překročení stanovených hodnot nabíjení zastaví, aby nedošlo k trvalému poškození nebo dokonce explozi článku. U článků NiCd a NiMH je toto maximální napětí 1,55 V a maximální teplota 45 – 60 °C, lit. /1/, (KTE Magazín č. 6/84, str. 229). Přetěžování článků při nabíjení vede ke shlukování zrn materiálu anody a katody, zmenšení jejich plochy a tudíž ke zmenšení kapacity. Při opakovaném rychlém nabíjení (impulzy i ss proudem) se kapacita článku zmenší trvale. Rychlé nabíjení zvolí ti, kdo opravdu pospíchají a svůj spěch musí zaplatit snížením životnosti článků.

Rychlé nabíjení článků NiCd vyžaduje, aby články před nabíjením byly vybity na napětí 0,9 – 1 V. Tím se zabrání vzniku

paměťového jevu, kterým tyto články trpí. Paměťový jev vede k dočasnému snížení kapacity, které se úplným vybitím článků a následným nabitím odstraní. Zásadně je vhodné nabíjet až vybité články. Proto články všech druhů občas vybijeme na předepsané napětí – viz tab. 1 a znovu je plně nabijeme. Z větší části se tak odstraní shlukování zrn anody i katody, které vzniklo rychlým nabíjením i opakovaným nabíjením částečně vybitých článků. U metalhydridových článků dochází ke snížení napětí v případě, že jsou opakovaně částečně vybity a znovu plně nabity. Je to způsobeno fyzikálními změnami ve struktuře elektrod. Jev snížení napětí zmizí při úplném vybití článků na 1 V a následném plném nabití. Podrobnější popis vlastností článků NiCd a NiMH a pravidla správného zacházení nalezne čtenář v literatuře /1/. Při nabíjení článků proudy $\leq 0,1$ CA nevzniká paměťový jev nebo snížení napětí ani jiný nežádoucí

jev. Nicméně se v současné době dává přednost rychlému impulznímu nabíjení. Je pro ně určena většina současných



Obr. 1 - a) Tepavý proud po jednocestném usměrnění; b) tepavý proud po dvoucestném usměrnění; c) impulzní proud

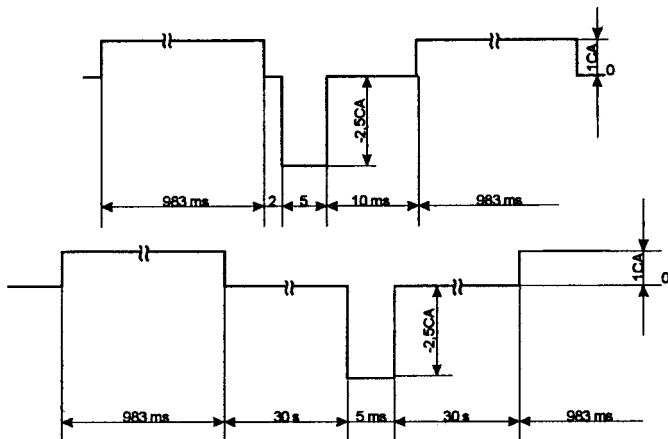
integrovaných obvodů, dedikovaných pro jednotlivé druhy článků. Integrované obvody umožňují současné nabíjení až šesti článků v sérii. Vhodnější však jsou nabíječky, které obsluhují každý článek zvlášť. S jedním integrovaným obvodem vystačí nabíječky, které nabíjí články postupně jeden za druhým. To je způsob nabíjení nevhodný pro jeho nepřijatelně dlouhou dobu nabíjení. Dokonalejší nabíječky nabíjí všechny články (až 4) současně, ale každý článek je nabíjen a kontrolován zvlášť jedním integrovaným obvodem. Další způsob umožňuje současné nabíjení článků s postupným přepínáním měření a řízení nabíjení jediným centrálním procesorem.

Články NiCd a NiMH

Dokončení nabíjení článků NiCd a NiMH trvalým proudem 0,1 až 0,3 CA určuje čas tak, aby bylo dosaženo náboje ~1,5 CA. Doba nabíjení proudem 0,1 CA je 14 až 15 hodin, proudem 0,2 CA 7 až 9 hodin, proudem 0,3 CA 3 až 5 hodin. Při nabíjení je nutné dodržet teplotu okolí 10 až 35 °C u všech druhů článků uzavřených v neprodyšném pouzdře. Při rychlém, obvykle impulzním nabíjení se proces nabíjení ukončí, stane-li se úbytek napětí za čas $\Delta U/\Delta t$ nulový (články NiMH) nebo záporný (články NiCd). Měření úbytku ΔU se provádí po dobu Δt dlouhou několik milisekund v prodlevách mezi impulzy. Průběh nabíjecí křivky článků NiMH je na obr. 3. Při nižších proudech < 0,3 CA nabíjecí křivka svou směrnici z kladné hodnoty na zápornou nemění a metoda je nepoužitelná. Výraznější vrchol mají při proudech $\geq 0,3$ CA nabíjecí křivky článků NiCd, které jsou strmější než křivky článků NiMH, obr. 4. Pro nevýrazný vrchol nabíjecí křivky článků NiMH se k určení okamžiku stoprocentního nabití používá spíše nulového přírůstku $\Delta U/\Delta t$. Při rychlém impulzním nabíjení ale dosahuje napětí článku zakázané hodnoty větší, než je povolené napětí 1,55 V, viz obr. 4. Vědomě tak dochází k ohrožování životnosti článků a výrobci integrovaných obvodů o tom opatrně mlčí.

Ukončení procesu nabíjení je v integrovaných obvodech jištěno maximální dobou nabíjení, někdy současně i teplotou článků. Měření teploty se realizuje obtížně, běžný kontaktní způsob je nespolehlivý. Nabíjecí integrované obvody měří teplotu v prodlevách mezi impulzy podobně jako úbytek $\Delta U/\Delta t$. Maximální přípustná teplota článku je 40 až 60 °C.

Zrychlené a rychlé nabíjení zkrátí výrazně dobu nabíjení, ale nabití většinou nedosáhne 100 %. Proto se po ukončení zrychleného nebo rychlého nabíjení doplňuje náboj článku pomalým, tak zvaným kapkovým dobíjením – trickle, proudem jehož střední hodnota je 0,02 až 0,1 CA. Kapkové dobíjení se provádí stejnosměrným nebo impulzním proudem s malou střídou (viz např. obr. 2). V režimu kapkového dobíjení můžeme



Obr. 2 - a) Proudové impulzy při nabíjení s obvodem ICS 1700 a b) při pomalém dobíjení (trickle)

druh článku	jmenovité napětí [V]	špičkový proud [A]	váhová hustota energie [Wh/kg]	objemová hustota energie [Wh/l]
NiCd	1,2	5	50	150
NiMH	1,2	4	70	230
Li-ion	3,7	2	60 – 100	150 – 225
Li-polymer	3 – 3,7		70 – 100	25 – 40
Li-metal	3	2	140	300
RAM	1,5 naprázdno	1	75	

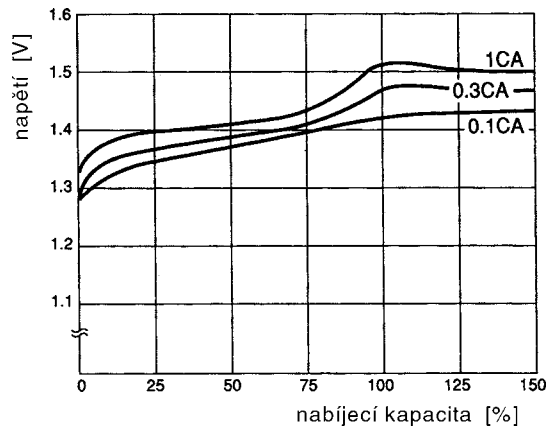
Tab. 3 - Porovnání tužkových nabíjecích článků různých technologií

ponechat články v nabíječce tak dlouho, dokud je nevyjmeme. Kapkové dobíjení současně doplňuje náboj článku ztracený samovybitím. Dopřávají si ho spíše ti, co nepospíchají.

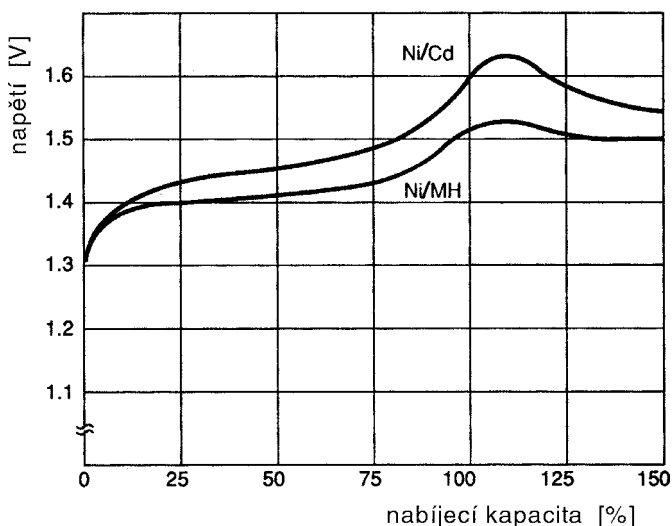
S rostoucím vybíjecím proudem kapacita článků, a to kterýchkoli, klesá. Vybíjecí křivky článků NiCd při vybíjecích proudech 0,6 CA, 1 CA a 2 CA jsou na obr. 5. Podobný průběh mají vybíjecí křivky článků NiMH. Tyto články dosahují o něco větší kapacity než články NiCd. Váhová hustota energie článků NiMH je 70 Wh/kg, článků NiCd 50 Wh/kg. Také objemová hustota článků NiMH, 230 Wh/litr, je větší než objemová hustota článků NiCd, která činí 150 Wh/litr, viz tab. 3.

Články NiCd mají slinutou (sintrovanou) anodu, tím má anoda větší plochu a článek větší kapacitu, než jakou měly první články NiCd s lisovanou anodou. Také mají menší vnitřní odpor. Rychlé nabíjení snášejí jen články se sintrovanou anodou. Články NiCd mají ze všech druhů těsných článků největší vybíjecí proudy pro menší vnitřní odpor. Niklokadmiové články jsou silně toxické, neboť obsahují až 20 % jedovatého kadmia z celkové hmotnosti elektrod. Staré články by se měly odkládat jen do tříděného odpadu. U starších článků dochází v materiálu elektrod k tvorbě jehličkovitých krystalů. Narostou-li nad určitou mez, propíchnou separátor a článek zkratují, takže ztratí napětí. Proudem až několik ampér po dobu 10 – 20 sekund lze hrot krystalku – zkrat upálit a článek funguje dál. Bohužel většinou jen krátce, protože tvorba krystalků v nemocném článku pokračuje.

Články NiMH mají řadu vlastností shodných s články NiCd, viz tab. 1, zejména stejné jmenovité napětí. Ve většině případů s úspěchem nahradí články NiCd. Nejsou toxické, dosahují větší kapacity a nemají paměťový jev. Opakovaným nabíjením neúplně vybitých článků NiMH se však zmenšuje jejich napětí.



Obr. 3 - Nabíjecí křivka článků NiMH – napětí článku jako funkce nabíjecí charakteristiky, nabíjecí proud je 0,1; 0,3 a 1 CA, teplota okolí 20 °C



Obr. 4 - Nabíjecí křivka článku NiCd a NiMH při proudu 1 CA a teplotě okolí 20 °C

Protože články NiMH neobsahují žádné jedovaté látky a celkově jsou energeticky výhodnější než články NiCd (tab. 3), dáváme jim přednost.

Články Li-ion, Li-polymer a Li-metal

Články Li-ion a Li-metal se nabíjí konstantním proudem 0,1 až 0,3 CA. Rychlé impulzní nabíjení připouští proudy 0,3 až 1,5 CA. V každém případě je nutné nabíjení dokončit při konstantním napětí 4,2 V dosti velké přesnosti $\pm 1\%$. Zakončení nabíjení konstantním napětím následuje, když je do článku dodán náboj rovný zhruba 90 % jeho kapacity. Průběh napětí a proudu při nabíjení článku Li-ion je na obrázku 6. Doba nabíjení se volí tak, aby bylo dosaženo náboje $\div 1,5$ CA, takže při nabíjení proudem 0,1 CA je to 15 hodin, proudem 0,3 CA pět hodin (nabíječe mobilních telefonů) atd. Jakmile článek dosáhne napětí 4,2 V, začne nabíjecí proud při konstantním napětí klesat k nule a tím je zabráněno přebití článku. Nabíjení baterií v mobilních telefonech přes noc je tedy přípustné. Litiové články se nabíjí bezpečně jen v nabíječkách k tomu určených. Aby se zabránilo přebití nebo nepřipustně velkému vybití, obsahují baterie Li-ion některých výrobců uvnitř pouzdra ochranný obvod. Ten baterii chrání, aby při nabíjení nestouplo napětí nad 4,1 až 4,2 V. Ochrana proti nepřipustnému vybití zabraňuje dalšímu vybití, klesne-li napětí článku pod 2,3 až 3 V. Hlubší vybití poškozuje články Li-ion tak, že snižuje počet cyklů nabití a vybití.

Vybíjecí křivky článků Li-ion jsou na obr. 7. Poměrně velké napětí článku Li-ion a Li-polymer 4,2 V umožňuje sestavit baterii požadovaného napětí z menšího počtu článků. Novější články Li-polymer mají polymerový elektrolyt a katodu. Umožňují realizovat tenké ploché baterie ještě snadněji, než články Li-ion, lit. /3/. Jsou však doposud ve stadiu vývoje. Články Li-ion a Li-polymer jsou dražší než články NiCd a NiMH. Cena článků Li-polymer by měla časem klesnout a očekává se, že jejich objemová hustota energie stoupne. Články Li-ion byly vyvinuty pro videokamery a mobilní telefony.

Články Li-metal se nabíjí konstantním proudem na náboj 1,5 CA. Není nutné hlídat jejich maximální napětí. Rovněž se nemusí sledovat vybíjecí napětí. Údajně jsou odolné proti

přebíjení i hlubokému vybití, lit. /2/. Jejich jmenovité napětí na 3 V. Nabízení ze všech článků největší vahovou hustotu energie 140 Wh/kg i největší objemovou hustotu energie 300 Wh/litr, tab. 3. Mají také malé samovybíjecí proudy 1 až 2 % náboje za měsíc. Přestože jsou články Li-metal ze jmenovaných článků nejdolnější a energeticky nejvýhodnější, doposud se výrazně neprosadily pro vysokou výrobní cenu.

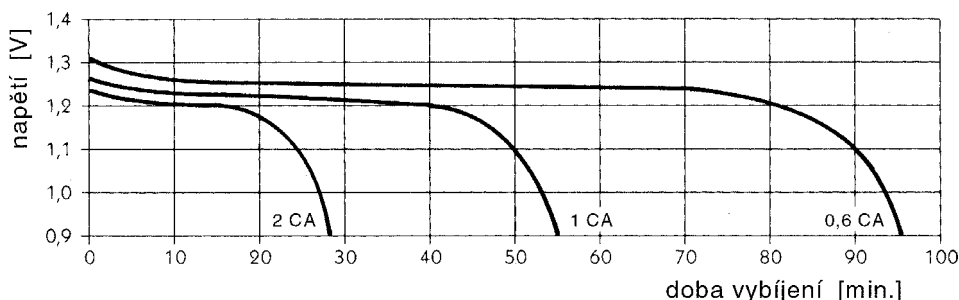
Články RAM

Nabíjecí alkalické články (Rechargeable Alkaline Manganese – RAM) mají napětí naprázdno 1,5 V (tab. 1). Doposud se vyrábí ve velikostech AAA a AA. Nabíjí se ze zdroje konstantního napětí $1,65 \pm 0,03$ V s omezením proudu na nejvýše 0,6 CA. Doba nabíjení je 8 až 16 hodin podle hloubky vybití článku. Průběh napětí a proudu při nabíjení tužkového článku nabíječkou Pure Energy je na obr. 8. Dosáhne-li napětí nabíjeného článku hodnoty 1,55 V, začne nabíjecí proud ze své maximální hodnoty klesat k nule. Článek tak lze nabíjet libovolně dlouho, ovšem jen v k tomu určené nabíječce. Pro impulzní nabíjení se používají impulzy až 1,5 A o době trvání několika milisekund a s postupně se prodlužující periodou. Doba nabíjení je až 8 hodin. Průběh proudu a napětí při impulzním nabíjení je na obr. 9. Již za několik minut od začátku nabíjení začne nabíjecí proud výrazně klesat. Nabíjet lze i články jen z části vybité. Jakmile články nepotřebujeme, je nejlepší dát je dobít. Vybíjíme je nejvýše do napětí 1 V, někteří výrobci povolují 0,9 V, kde už je vybíjecí křivka dosti strmá – obr. 10. Hlubší vybití podstatně snižuje kapacitu článku i jeho životnost, lit. /4/. K poklesu kapacity článků RAM dochází po každém cyklu nabití – vybití, viz obr. 11.

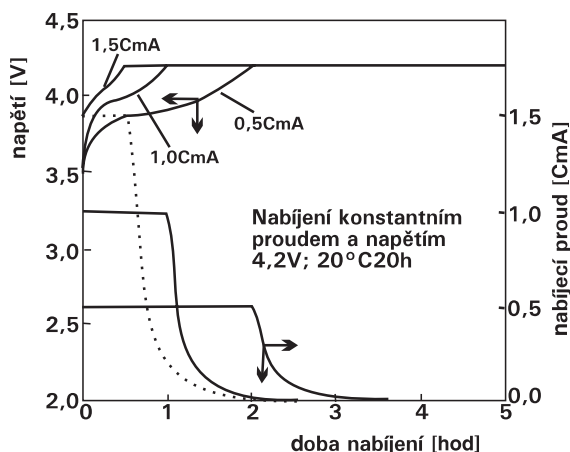
Tužkové články RAM mají výhody dosavadních primárních alkalických článků: napětí naprázdno 1,5 V, možnost dlouhodobého použití, při malých odběrech (μ A) i několik let, skladovatelnost až 5 let, velký rozsah provozních teplot -20 °C až $+60$ °C. Dosahují 70 až 80 % kapacity běžných alkalických článků, nemají paměťový jev a neobsahují toxické látky. Při správném zacházení je lze použít 25x.

Životnost těsných článků

Životnost těsných článků se vyjadřuje počtem nabití a vybití, po jejichž absolvování poklesne kapacita článku na 80 % počáteční hodnoty, tab. 2. Počet nabíjecích cyklů 600 až 1 000 uvedených výrobců u článků NiCd či NiMH patří spíše do kategorie pohádek z převržené klenotnice. Lze ho snad dosáhnout za téměř skleníkových podmínek, kdy jsou články vybíjeny na doporučené napětí proudem nejvýše 0,2 CA a nabíjeny proudem 0,1 CA předepsaným způsobem. Při pečlivém používání článků zmíněné podmínky stěží zachováme i u tak nenáročných spotřebičů, jako jsou přenosné přijímače, pokud je napájí více než dva články. Dost časté je napájení čtyřmi tužkovými články, a ty někdy nemají shodnou kapacitu. A tak se nejméně jeden článek může vybit pod doporučené vybíjecí napětí dříve, než zasáhne automatické vypínání přijímače, má-li ho vůbec.



Obr. 5 - Vybíjecí křivky článků NiCd při proudech 0,6 CA, 1 CA a 2 CA



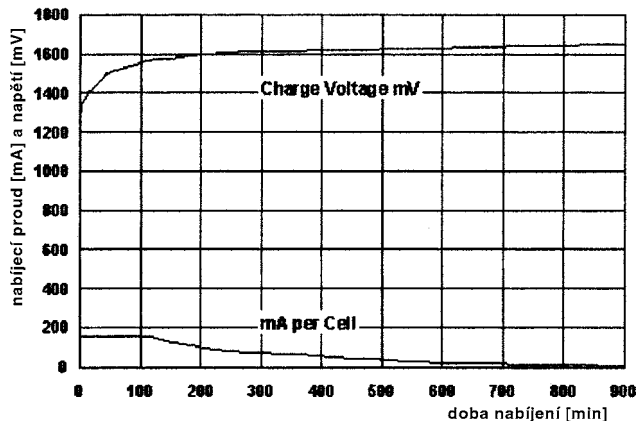
Obr. 6 - Průběh napětí a proudu při nabíjení článku Li-ion proudem 0,5; 1 a 1,5 CA

Ve fotografickém blesku se běžně používají 4 články NiCd. V prvních sekundách po zapnutí odebírá blesk proud až několik ampér. Napětí jednoho článku může poklesnout k nule a za provozu na něm dojde k reverzaci napětí. Stane-li se tak několikrát, je život článku prakticky skončený. Do blesku a zařízení s obdobnými nároky na napájení použijeme vybrané články s vyšším jmenovitým napětím ($> 1,2$ V, NiCd), shodným alespoň na 0,1 V. Pak se u nich dočkáme přijatelné životnosti možná i více než 100 cyklů. Přibližně u 20 % článků NiCd dochází k vnitřnímu zkratu způsobenému růstem jehličkovitých krystalů někdy již po několika desítkách cyklů. Dosáhnou jen dílu předpokládané životnosti. Ale i v těchto nepříznivých případech je použití nabíjecích článků ekonomické.

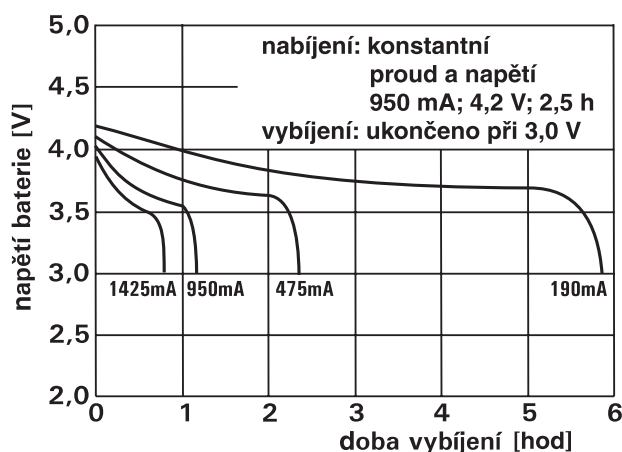
Problémy s větším počtem článků v sérii odpadají u baterií Li-ion pro mobilní telefony a videokamery, protože jsou větší složené ze dvou článků. Optimální nabíjení a přijatelnou životnost by měl baterii zajistit nabíjecí obvod, který je součástí přístroje. Vadné a nepodařené články se ale nevyhýbají žádné technologii.

Nabíjení akumulátorů

Nabíjení akumulátorů vyžaduje dodržení předepsaných podmínek (konečné nabíjecí napětí, maximální proud, doba nabíjení, teplota), jako u těsných článků. Jen tak zajistíme akumulátorům přiměřenou životnost. Ke správnému zacházení akumulátorů s tekutým elektrolytem patří péče o jeho správnou hustotu a množství. Hladina elektrolytu musí být vždy nad horním okrajem desek. Tato starost odpadá u bezúdržbových akumulátorů, které jsou zcela uzavřené a mají jednosměrné



Obr. 8 - Průběh napětí a proudu při nabíjení tužkového článku RAM ze zdroje konstantního napětí 1,65 V



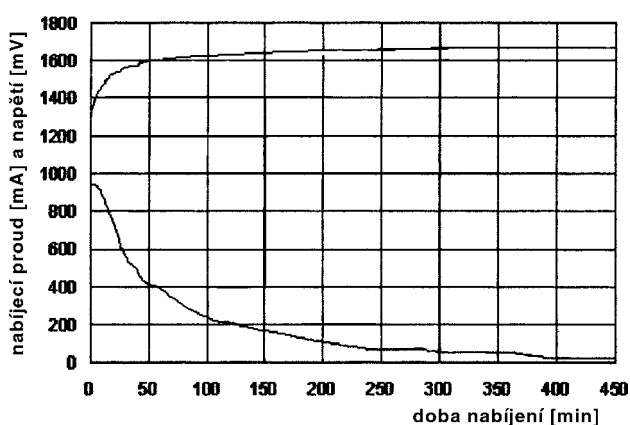
Obr. 7 - Vybíjecí křivky článků Li-ion při proudech 190, 475, 950 a 1425 mA

ventily propouštějící plyny ven. Protože nabíjecí proudy dosahují jednotek až stovek ampér, jsou nabíjecí zařízení rozměrná. Rychlé nabíjení se používá v omezené míře profesionálně. Vyžaduje výkonné zařízení (10^2 až 10^4 W) a řízení procesu nabíjení. Rychlost nabíjení je dána velikostí zdroje a to velmi souvisí s cenou zařízení. Obecně platí, že cena nabíječky roste rychleji než její výkon.

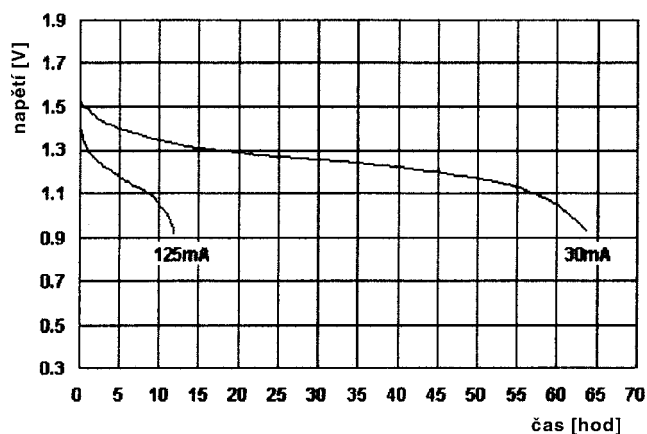
Olověné akumulátory

Olověné akumulátory se nabíjejí ze zdroje konstantního proudu s ručním nebo automatickým vypínáním proudu po dosažení náboje $\div 1,2$ CA, běžně proudem 0,1 CA. Nabíjení konstantním proudem se používá při uvádění akumulátorů do provozu nebo při definovaných zkouškách.

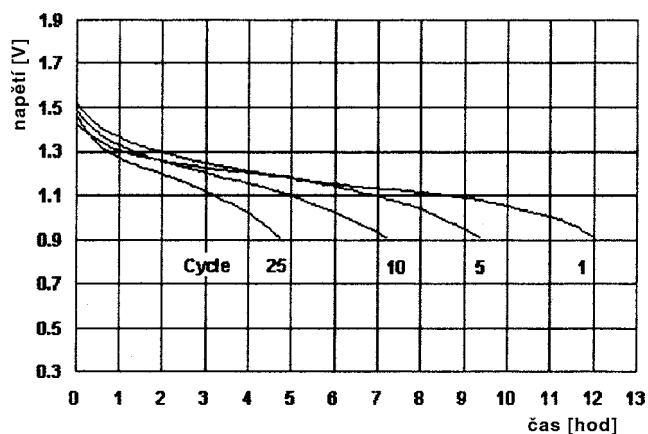
Častější je nabíjení podle charakteristiky W – obr. 12, kdy proud během nabíjení stále klesá a napětí akumulátoru stoupá až na hodnotu $\leq 2,7$ V. Nabíjecí doba je kratší než při nabíjení konstantním proudem. Obtížné se stanovuje náboj akumulátoru. Důležitá je kontrola napětí a proudu, případně i teploty během nabíjení. Tak lze objevit zkratování některého článku baterie. Charakteristiky W se docílí nejjednodušeji sériovým rezistorem ve zdroji nabíjení. V krajním případě to může být odpor vinutí transformátoru. Přepínáním velikosti sériového rezistoru (0,1 až 1 Ω) a přepínáním napětí zdroje (odbočkami na sekundáru transformátoru) je možné nabíjet akumulátory značně rozdílných kapacit CA = 10^1 až 10^2 Ah. Podle charakteristiky W nabíjí sofistikovaná nabíjecí zařízení ve dvou stupních. V prvním stupni je nabíjení s velkým počátečním proudem až 0,6 CA. Po dosažení plynovacího napětí (v akumulátoru



Obr. 9 - Průběh napětí a proudu při impulzním nabíjení tužkového článku RAM



Obr. 10 - Vybíjecí křivky tužkového článku RAM při proudu 30 mA a 125 mA, okolní teplota je 20 °C



Obr. 11 - Vybíjecí křivky tužkového článku RAM při prvním až pětadvacátém vybíjecím proudu 125 mA

začne probíhat elektrolyza elektrolytu, obr. 13) se proud zmenší a nabíjejí se dál klesajícím proudem, dokud se nedosáhne náboje zhruba 1,2 CA.

Olověné akumulátory je možné nabíjet také konstantním napětím 2,45 V. Počáteční proud může být až 0,6 CA nebo i více. Nabíjení se ukončí po dosažení plynovacího napětí, které nesmí být překročeno o více než 1 %. Tento způsob umožňuje nabíjet více akumulátorů stejného druhu se stejným jmenovitým napětím v paralelním zapojení, pokud jsou v dobrém stavu. Nabíjecí zařízení musí mít velký výkon a přesnou regulaci napětí. Konečný proud je menší než 0,002 CA, doba nabíjení 10 až 15 hodin.

Uvedené způsoby nabíjení konstantním proudem I, podle charakteristiky W a konstantním napětím U lze kombinovat (na příklad IU, WU, IUW) při použití profesionálního zařízení. Konečný nabíjecí proud je obvykle dosti nízký $\leq 2,02$ CA.

Nabíjecí a vybíjecí křivka olověného akumulátoru je na obr. 13. Přebíjení a hluboké vybíjení pod napětí 1,7 V / článek zkracuje životnost baterie. Hluboké vybíjení je nebezpečné zejména tehdy, nenásleduje-li bezprostřední nabití akumulátoru. Pak dochází k vytvoření síranů v nevratné formě a elektrody tak ztrácejí aktivní plochu. Zmenší se kapacita akumulátoru a jeho vnitřní odpor (v nabitém stavu $10^{-3} \Omega$) se zvětší.

Provoz všech druhů akumulátorů nesmí být v uzavřených prostorách bez větrání a v přítomnosti ohně. Uvolňující se plyny, hlavně vodík, smíšené se vzduchem jsou výbušné. Plně nabitý olověný akumulátor má hustotu elektrolytu 1280 kg/m³ (1,28 g/cm³), takže nezamrzne ani při teplotách -40 °C. Vybitý akumulátor zamrzne i při teplotě těsně pod bodem mrazu. Pak je obvykle zcela zničený. Udrží-li se olověný akumulátor peč-

livě (hustota a výška elektrolytu nad deskami, stále dobýtý), může být jeho doba života v průměru 5 let, lit. /5/. Voda pro elektrolyt a jeho doplňování smí být jen destilovaná. Nábojová účinnost olověného akumulátoru se blíží 90 %.

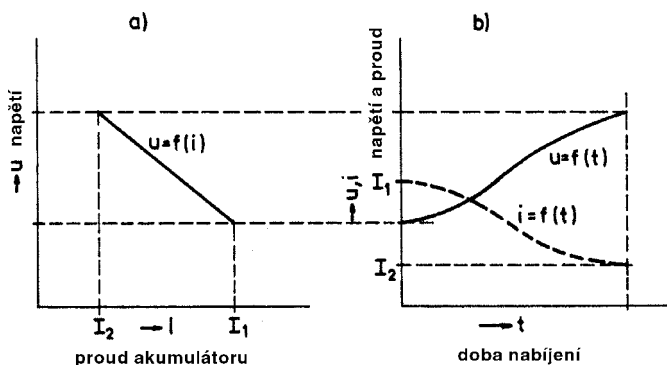
Alkalické akumulátory NiFe a NiCd

Alkalické oceloniklové akumulátory NiFe a niklokadmiové NiCd mají podobné vlastnosti a jejich nabíjení je téměř shodné. K nabíjení lze použít všechny způsoby (I, W, U) uvedené pro olověné akumulátory. Konstantním proudem 0,2CA se nabíjí normálně po dobu 7,5 hodin, zesílené nabíjení trvá 10 hodin a prodloužené nabíjení 15 hodin. Prodloužené nabíjení se používá po výměně elektrolytu, zesílené nabíjení se občas vkládá mezi normální nabíjecí cykly.

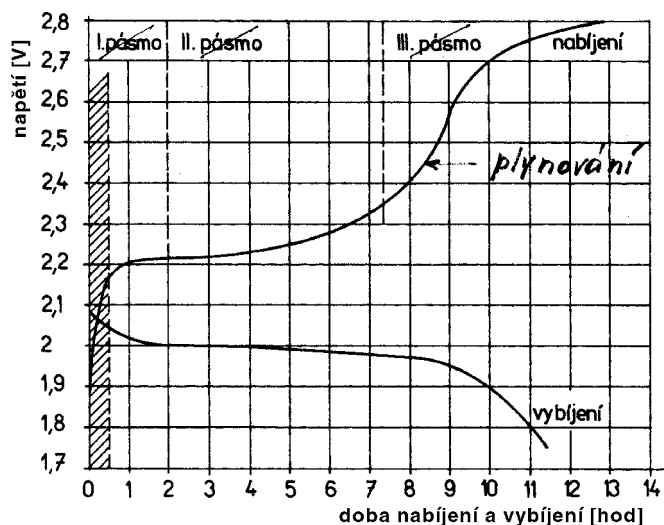
Akumulátory NiFe a NiCd se běžně nabíjejí podle charakteristiky W (obr. 12) s počátečním proudem až 0,6 CA. Nabíjení se ukončuje, dosáhne-li akumulátor NiFe na článek napětí 1,85 V a akumulátor NiCd napětí 1,75 V. Konečný nabíjecí proud je menší než 0,1 CA.

Alkalické akumulátory NiFe a NiCd lze nabíjet také konstantním napětím. U akumulátorů NiFe je nabíjecí napětí na článek 1,75 až 1,85 V, u akumulátorů NiCd 1,65 až 1,72 V. Počáteční nabíjecí proud je 0,4 až 0,6 CA a konečný 0,07 CA, lit. /5/. Doba plného nabití je 10 – 12 hodin.

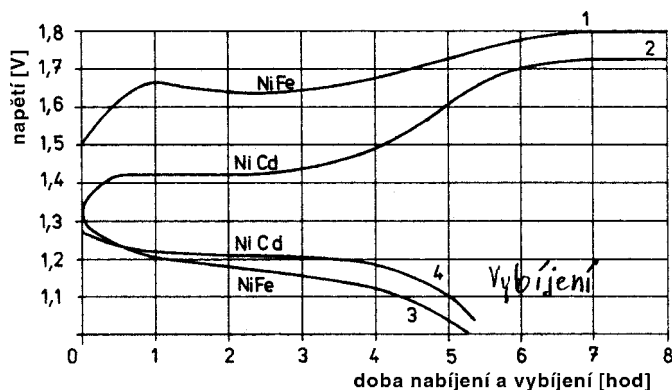
U všech typů nabíjení by měl být dodaný náboj $\geq 1,5$ CA. Průběh napětí při nabíjení a vybíjení proudem 0,2 CA je na obr. 14. Napětí článku NiFe se na počátku nabíjení poměrně



Obr. 12 - Nabíjení akumulátorů podle charakteristiky W; a) charakteristika nabíječky; b) průběh napětí a proudu akumulátoru v čase



Obr. 13 - Průběh napětí při nabíjení a vybíjení olověného akumulátoru proudem 0,1 CA

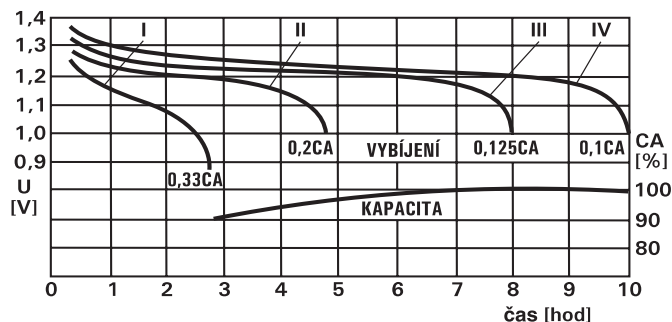


Obr. 14 - Průběh napětí při nabíjení a vybití alkalických akumulátorů NiFe a NiCd proudem 0,2 CA

rychle zvětší na 1,65 V, a teprve v závěru nabíjení zvolna vystoupá na hodnotu 1,85 V. Akumulátor plynule již na začátku nabíjení. Nabíjecí napětí článku NiCd je z počátku asi o 0,2 V menší než napětí článku NiFe. Pak se pomalu zvětšuje na 1,4 až 1,45 V. Následuje strmější vzestup napětí až na hodnotu 1,75 V, obr. 14. Akumulátor NiCd plynule málo a jen na konci nabíjení. Proto je jeho nábojová účinnost o něco větší (pod 80 %) než u akumulátoru NiFe, kde činí 75 %. Teplota článků nesmí při nabíjení překročit 40 °C.

Článek NiFe má při vybití větší počáteční napětí, které ale klesá s časem vybití rychleji než napětí článku NiCd. Vybití napětí článku NiFe je 1 V, článku NiCd 1,1 V. Vybití články NiFe pro proudy 0,1; 0,125; 0,2 a 0,33 CA jsou na obr. 15. Kapacita alkalických článků klesá s vybitím proudem podle křivky ve spodní části obr. 15. Tato nepříjemná vlastnost je bohužel společná všem druhům nabíjecích článků. Alkalické články NiFe a NiCd jsou odolné proti přebíjení i proti hlubšímu vybití. Hustota elektrolytu nezávisí na nabití či vybití akumulátoru, nemá být nižší než 1,16 g/cm³. Elektrolytem je 21% roztok hydroxidu draselného s malým množstvím hydroxidu litného, který působí jako depolarizátor. Články mají nádobu ze svařovaného ocelového plechu. Nádobu je spojena s anodou. Proto je nutné montovat články baterie navzájem izolovaně. Vnitřní odpor článku NiFe je asi 5 · 10⁻³ Ω, článku NiCd o něco menší

Alkalické akumulátory NiFe NiCd jsou nejodolnější ze všech známých baterií, a proto jsou vhodné pro službu v těžkých podmínkách. Odolávají přebíjení, hlubokému a dlouhodobému vybití, ať nabité nebo vybité nezamrzají ani při teplotě -30 °C, snázejí otřesy. Mají mimořádně velkou životnost až přes 20 let. Staniční akumulátory NiFe a NiCd se mohou dožít až 40 let, staráme-li se o ně pečlivě.

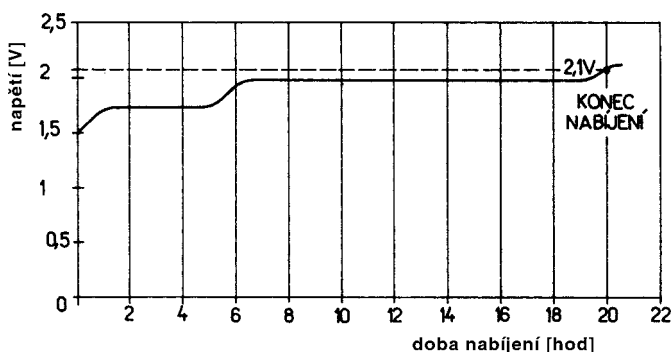


Obr. 15 - Průběh napětí při vybití článku NiFe proudem 0,1 až 0,33 CA; v dolní části grafu je závislost kapacity článku na vybitím proudem

Stříbrozinkové alkalické akumulátory

Stříbrozinkové akumulátory se nejlépe nabíjí ze zdroje konstantního napětí 2,1 V. Tak je nejlépe zajištěno, že při nabíjení nedojde k překročení uvedeného napětí. Stříbrozinkové akumulátory zvyšují napětí při nabíjení nad 2,1 V špatně snázejí. Při uvádění do provozu se stříbrozinkové akumulátory nabíjí konstantním proudem. Nabíjení se zakončuje konstantním napětím 2,1 V. Průběh napětí při nabíjení proudem 0,1 CA je na obr. 16, lit. /5/.

Stříbrozinkový alkalický akumulátor může pracovat v rozsahu teplot -40 až +40 °C, vydrží vybití velkým proudem a snese zkraty. Proti ostatním akumulátorům jeho vnitřní odpor klesá (u akumulátoru 10 Ah klesne z 0,03 Ω na 0,015 Ω). Má poloviční hmotnost a třetinový objem proti niklokadmiovým akumulátorům téže kapacity. Pro malou dobu života 100 – 300 cyklů a velkou cenu se příliš nepoužívá.



Obr. 16 - Průběh napětí při nabíjení stříbrozinkového akumulátoru proudem 0,1 CA

Na závěr

Články a akumulátory jsou vrtošiví sluhové a stále vyžadují naši pozornost. Oč lépe s nimi budeme zacházet, o to věrněji nám budou sloužit. Doufáme, že náš stručný přehled k tomu dopomůže a nebude jen marným rozmnožením mnoha slov, která byla dosud o bateriích napsána.

Literatura

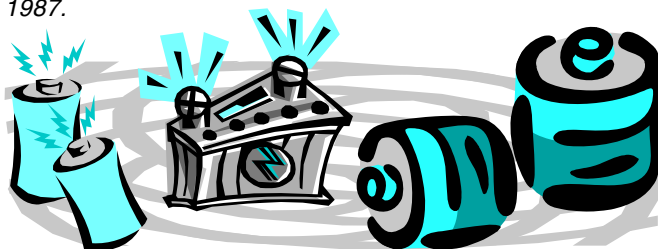
/1/ Havlík L.: Jak používat články a baterie NiCd a NiMH, KTE Magazín 1994: č. 4, str. 145 – 148; č. 5, str. 227 – 230; č. 7, str. 265 – 268; č. 8, str. 305 – 308; č. 9, str. 345 – 348; č. 10, str. 387 – 390.

/2/ Havlík L.: Současné technologie nabíjecích článků – Rádio plus-KTE č.7/97, str. 6 – 8.

/3/ Havlík L.: Tenké baterie Li-ion, zdroje pro přenosná zařízení příští generace – Rádio plus-KTE 2000, č. 10, str. 35 – 37.

/4/ Havlík L.: Nabíjecí alkalické články – Sdělovací technika č. 8/99, str. 5 – 8.

/5/ Arendáš M.; Ručka M.: Nabíječe a nabíjení – SNTL Praha 1987.



ETC M621 – paměťový digitální osciloskop pro PC

Vlastnosti

- F obsazuje prostor pre 5 1/4" disketovou mechaniku alebo externá verzia;
- F 2 kanály / 150 MHz;
- F max. 50 MS/s pre jednorázové deje, 5 GS/s pre periodické deje;
- F 10 mV/d do 5 V/d v deviatich vertikálnych rozsahoch;
- F riadiaci program ETC SCOPE-621 pre Windows 3.x, 95, 98, NT;
- F 150MHz analýza spektra pomocou FFT;
- F ovládače ETC M621 Development Kit (nie je v základnej cene).

Digitálny pamäťový osciloskop M621 je prvé zariadenie z nového radu prístrojov ETC Measuring Lab II (EML II). Prístroj je navrhnutý tak, aby sa dal zasunúť na miesto vyhradené pre 5 1/4" disketovú mechaniku. Externá verzia M621/E má samostatnú mechaniku a vlastný zdroj. Všetky konektory osciloskopu sú ľahko prístupné. Všetko čo používateľ musí pri inštalácii urobiť, je zasunúť prístroj do prázdneho miesta pre disketovú jednotku, alebo postaviť externú verziu k PC alebo notebooku, pripojiť napájací kábel, pripojiť kábel na paralelný (EPP) port a nainštalovať programové vybavenie. Potom môže využívať výkonný osciloskop v prostredí PC. Vstupné obvody prístupné prostredníctvom štandardných BNC konektorov dovoľujú využívať všetky štandardné osciloskopické sondy. Interná pamäť osciloskopu (32 KB pre každý kanál) je využívaná na rýchly zber dát,

alebo ako cyklická vyrovnávací pamäť v režime záznamu pomalých dejov (ROLL MODE). V tomto režime je dĺžka záznamu obmedzená veľkosťou internej pamäte počítača, alebo kapacitou diskovej jednotky. Programové vybavenie SCOPE-621 dodávané ako súčasť M621 vytvára prostredie, v ktorom môže používateľ pomocou myši, alebo iného polohovacieho zariadenia, ovládať všetky funkcie osciloskopu. Všetky ovládacie prvky osciloskopu sú umiestnené na obrazovke počítača. Samotná obrazovka osciloskopu je vybavená všetkými štandardnými i niektorými nadštandardnými funkciami: zobrazenie meraného signálu, mriežky, horizontálne a vertikálne kurzory, referenčné kurzory a nastaviteľnou značkou prahu spúšťania. Osciloskop ponúka všetky bežné funkcie digitálneho pamäťového osciloskopu a ten, kto už s takýmto osciloskopom pracoval, zvládne obsluhu M621 v krátkom čase. Skutočnosť, že namerané údaje sú priamo v počítači umožňuje využiť nástroje na uloženie nameraných dát na disk pre ich ďalšie spracovanie, uloženie a spätné načítanie informácií o nastavení osciloskopu, spracovanie nameraných dát vstavanými funkciami (vrátane FFT – rýchlej Furierovej transformácie), tlač nameraných úda-



joj vo forme protokolu o meraní, export dát alebo obrázkov do iných programov a pod. Osciloskop umožňuje nastavenie niektorého z bežných spúšťacích režimov: AUTO, NORMAL, SINGLE, MANUAL, voľbu zdroja spúšťacích signálov: Ch A, Ch B, EXT, voľbu prahového napätia a typ zmeny, na ktorú sa má meranie spustiť. Systém primárnych a sekundárnych spúšťacích obvodov umožňuje definíciu zložitejších situácií, ako príčiny spustenia meraní (podmienenie spúšťania dĺžkou a niekoľkonásobným výskytom spúšťacích impulzov je napríklad použiteľné pri sledovaní video signálov).

M621 je dodávaný s podrobnou Príručkou pre používateľa. Program SCOPE-621 existuje vo verziách pre WINDOWS 3.x, WINDOWS 95, WINDOWS 98 a WINDOWS NT. Používatelia, ktorí chcú používať niekoľko prístrojov mimo PC si môžu dokúpiť Externý adaptér M901, ktorý je pripojiteľný k PC alebo notebooku prostredníctvom EPP portu a prípadne batériovú jednotku M903 umožňujúcu niekoľkohodinovú prácu M621 bez napájania.

M621 Development Kit (DK) je súbor ovládacích programov (driver) osciloskopu vo forme knižnic pre jednotlivé prostredia. Umožňujú používateľovi napísať si vlastné programy, ktoré spolupracujú s technickým vybavením osciloskopu.

Technické údaje

Vertikálny vychylovací systém:

Vstupy: 2 kanály, 1 externý synchronizačný vstup/výstup kompenzačného generátora (BNC).

Šírka pásma (± 3 dB): 0 až 150 MHz (DC); 1,2 až 150 MHz (AC).

Vstupný odpor: 1 M Ω / 20 pF

Rozsahy [mV/d]: 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1 V, 2 V, 5 V.

Chyba merania: $\pm 2,5$ %.

Rozlišovacia schopnosť: 8 bitov (0,4 %).

Max. vstupné napätie: ± 100 V.

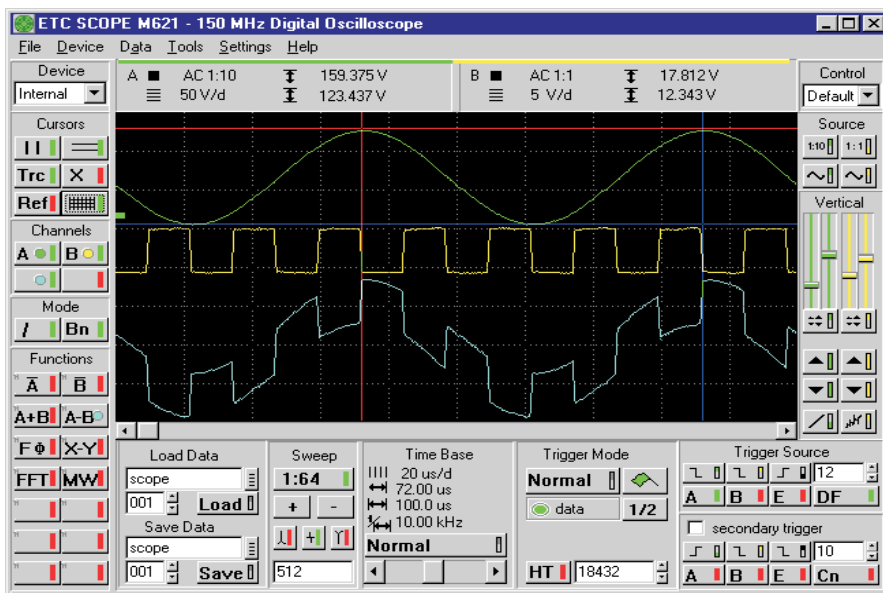
Odstránenie rušenia prostredia metódou digitálneho tienenia.

Obvody časovej základne:

Rozsahy časovej základne:

Jednorázové deje: 1 μ s/d až 2 s/d.

Periodické deje: 10 ns/d až 2 s/d.



Technológia Remote Oscilloscope

Počítačové siete dovoľujú zdieľať technické i informačné zdroje všetkým užívateľom príslušnej siete. Pokúsme sa preniesť myšlienku siete s počítačového sveta do sveta meracej techniky. Predstavme si, že podobne ako užívatelia lokálnej siete zdieľajú jednu sieťovú tlačiareň, by mohli napríklad študenti v laboratóriu sledovať v lokálnej sieti, každý na svojej obrazovke meranie na spoločnom osciloskope.

Iným príkladom by mohol byť servisný technik, ktorý so svojho sídla v meste A meria pomocou osciloskopu v meste B a hľadá poruchu na zariadení, ktoré vyžaduje jeho servisný zásah. Komunikuje s používateľom zariadenia, ktorý mu s hľadaním závady pomáha. Dáva mu pokyny pomocou svojho počítača cez Internet alebo spojenie vytvorené priamo pomocou modemov, na ktorý merací bod má priložiť osciloskopickú sondu. Sám je pritom schopný osciloskop ovládať a na obrazovke svojho počítača sledovať s malým oneskorením priebehy nameraných signálov.

Predstavme si, že vývojový pracovník potrebuje občas sledovať priebehy signálov na zariadení, ktoré je umiestnené v pivničnom studenom a nevlúdnom prostredí. Sedí na siedmom poschodí v svojej priestrannej a slnečnej pracovni, píše článok. Kedykoľvek môže zobraziť virtuálny osciloskop na obrazovke svojho monitora a sledovať priebeh svojho experimentu pomocou vzdialeného osciloskopu zapojeného v lokálnej sieti.

Spoločnosť ETC známa výrobou virtuálnych meracích prístrojov prichádza

na trh s novou technológiou nazvanou Remote Oscilloscope. Táto technológia umožňuje merať pomocou osciloskopu bez nutnosti byť osobne prítomný na mieste merania.

Čo je to vlastne Remote Oscilloscope ?

Ide o technológiu, ktorá bola vyvinutá firmou ETC pre vzdialené ovládanie osciloskopu. V jednom uzle siete je pripojený prístroj – osciloskop a v inom uzle sa nachádza služba osciloskopu. Medzi prístrojom a službou musí byť funkčné spojenie pomocou protokolu TCP/IP t.j. napríklad prepojenie cez internet alebo lokálnu sieť. Programové vybavenie, ktoré ovláda na oboch stranách vzdialený osciloskop, vyžaduje operačný systém MS Windows 95/98/NT a samozrejme osciloskop, ktorý podporuje takéto meranie. Firma ETC ponúka pre tento účel 150MHz digitálny pamäťový osciloskop typu M621. Novšie verzie programového vybavenia SCOPE621 počnúc od verzie 2.0, podporujú funkcie Remote Oscilloscope.

Ako to funguje?

Meranie na klasickom osciloskope pozostáva z pripojenia osciloskopu k meranému objektu, jeho ovládania pomocou jednotlivých ovládacích prvkov a zobrazenia nameraných priebehov. Vďaka technológiám Remote Oscilloscope môže byť osciloskop umiestnený napríklad na Aljaške a služba sedieť vo svojej kancelárii v Prahe. Programové vybavenie SCOPE621 na strane ob-

sluhy (v Prahe) vytvorí na obrazovke virtuálny osciloskop, ktorý je možné štandardným spôsobom (pomocou myši a klávesnice) ovládať. Na strane meraného objektu (na Aljaške) je spustené programové vybavenie ScopeServer, ktoré spracuje nastavenie osciloskopu a vykoná samotné meranie. Po nameraní vyšle namerané priebehy cez sieť na obrazovku služby. Všetky údaje, ktoré sa cez sieť prenášajú sú komprimované s využitím kompresnej metódy ETC. Remote osciloskop podporuje bezprostrednú výmenu písomných informácií (chat) a dovoľuje priamo komunikovať medzi SCOPESEVERom a SCOPE621. Pokiaľ je potrebný zásah služby na strane meraného objektu, napríklad pripojenie sondy na iný merací bod, služba osciloskopu sa takto môže priamo dorozumievať s službou meraného zariadenia a dávať jej pokyny.

Kde sa to dá vyskúšať?

V prípade, že chcete Remote Oscilloscope vyskúšať môžete sa pripojiť na prístroj umiestnený vo firme ETC v Ziline. Stačí ak z WWW stránky firmy ETC stiahnete programové vybavenie a môžete merať. Bližšie informácie o tom ako vyskúšať technológiu Remote Oscilloscope nájdete na stránke www.etcsk.com, alebo na www.ei.cz/etc.



Vzorkovacie frekvencie:

Jednorazové deje: 1 kHz až 50 MHz.

Periodické deje: 1 kHz až 5 GHz
(Equivalent Sampling Rate).

Dvojitá časová základňa.

Synchronizačné obvody:

Zdroje synchronizácie: kanál A, kanál B, externý.

Nastavenie prahu: kanály A a B v celom rozsahu zobrazenia, externý pevný cca 1,2 V.

Možnosti synchronizácie: na definovanú hranu +, -; na nastaviteľnú dĺžku synchronizačného signálu (digitálna filtrácia); na nastaviteľný počet výskytov synchronizačného signálu.

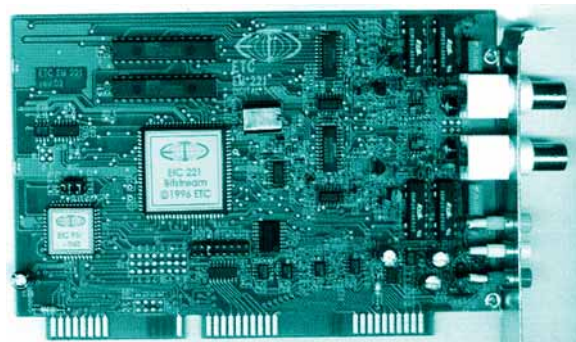
Dĺžka záznamu: max. 32000 vzoriek pre každý kanál v rýchlych režimoch činnosti obmedzená pamäťovými kapacitami počítača, pre malé deje (max. 50 ks/s).

Príslušenstvo

(nie je v základnej cene): sondy 1:1, 1:1/1:10, 1:100.

Požiadavky na počítač:

Počítač IBM PC kompatibilný, 80486 alebo lepší, 8 MB RAM a viac, 3,5" pružný disk, pevný disk, myš alebo ekvivalentné zariadenie, EPP port, CD mechanika.



Požiadavky na OS: Windows 3.x/95/98/NT. Tlačiareň: možnosť tlačiť na ľubovoľnej Windows kompatibilnej tlačiarňi.

Zajímavé integrované obvody v katalogu GM Electronic

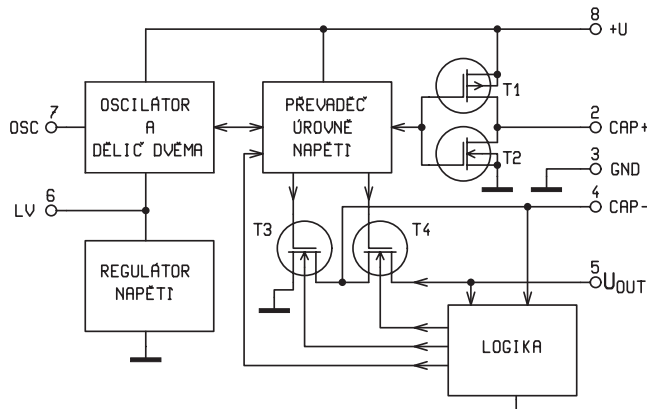
20. Obvody pro nábojové pumpy typu ICL7660

Ing. Jan Humlhans

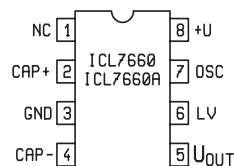
V našem seriálu se opět setkáváme s představitelem těch integrovaných obvodů, které vstoupily tak říkajíc do dějin elektroniky. Integrovaný obvod ICL7660 uvedla na trh koncem sedmdesátých let, teď je již třeba psát minulého století (což zatím zůstává v myslí vyhrazeno spíše tomu devatenáctému), firma Intersil. Přitom prý po jistém váhání, protože nevznikl jako odezva na konkrétní požadavek zákazníků. Ostatně podobně tomu bylo v případě firmy Intel a mikroprocesoru. Jejich obavy se však ukázaly být liché a 7660 je stále vyráběn několika výrobci v milionových sériích a často užíván i v moderních zařízeních. Příkladem může být LTC1044 firmy Linear Technology nebo MAX660 firmy Maxim. Často jsou v některých parametrech dokonalejší než původní ICL7660, konečně jako již jeho varianty ICL7660A, ICL7660S. Snad nebude na škodu, zmíníme-li se o opět nejednotné terminologii. V českém jazyce (ale i angličtině) se setkáváme, mimo v nadpisu uvedeného pojmenování nábojové pumpy, s několika termíny – spínané zdroje bez indukčnosti, kondenzátorové měniče DC/DC, DC-DC převodníky bez indukčnosti. Ty patrně lépe postihují funkci zevně, ten “nadpisový” míří více k tomu jak obvod funguje. Žádné rozpory zde však nejsou a jejich význam je zřetelný. Zanechme však historie a jazykových otázek a věnujme se samotnému obvodu.

Stručný popis

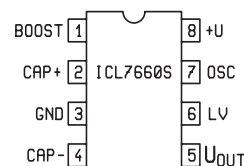
ICL7660 je monolitický CMOS (pozor na elektrostatický náboj!) integrovaný obvod pro napájecí zdroje, který umožňuje především přeměnu kladného vstupního napětí v rozsahu +1,5 V až +10 V na záporné napětí -1,5 V až -10 V. U typů s označením doplněným písmeny A a S může být vstupní napětí až 12 V. Pro vytvoření kompletní a funkční nábojové pumpy jsou třeba již jen dva kondenzátory, na které nejsou kladeny v zásadě zvláštní nároky. Další častou aplikací je zdvojnásobení napětí, s kterým lze získat výstupní napětí až +18,6 V, je-li vstupní napětí 10 V. Čip popisovaného obvodu obsahuje, jak vidíme na blokovém funkčním schématu na obr. 1, regulátor napětí, RC oscilátor s děličem kmitočtu 1:2, převodník úrovně napětí a čtyři výkonové spínače MOS. Speciální logický obvod zajišťuje, že přechod emitor-substrát výstupního spínače s kanálem N nebude polarizován v propustném směru, což by způsobilo zablokování funkce. Oscilátor má jmenovitý kmitočet 10 kHz při napájení 5 V. Lze jej buď snížit připojením vnějšího kondenzátoru na vývod OSC, případně docílit vyššího kmitočtu spínání přivedením signálu z vnějšího zdroje. Vývod LV (6) je vhodné při napájecím napětí menším než +3,5 V spojit se zemí (3), nad tuto hladinu je pak LV třeba ponechat naprázdno. GM nabízí vedle ICL7660A také verzi označenou ICL7660S u níž, jak je vidět v tab. 1, lze pomocí vývodu BOOST snadno zvýšit spí-



Obr. 1 - Funkční blokové schéma obvodů typu 7660



Obr. 2a - Pohled shora na pouzdro ICL7660(A)



Obr. 2b - Pohled shora na pouzdro ICL7660S

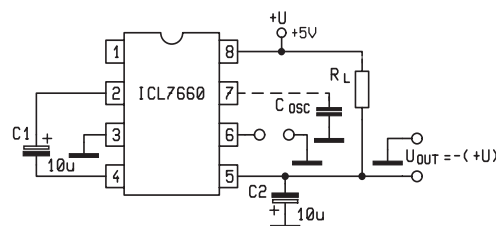
nací kmitočet. Oba typy mají 8-vývodová pouzdra PDIP, která jsou zapojena podle obr. 2a, b. Rozsah pracovních teplot verzí nabízených v katalogu GM je 0 °C až +70 °C.

Hlavní přednosti

- F Jednoduchá přeměna napájecího napětí logických obvodů +5 V na symetrické napětí ±5 V.
- F Jednoduchá možnost násobení napětí ($U_{OUT} = (-) \times n \times U_{IN}$).
- F Účinnost přeměny napětí u invertoru bez zatížení 99,9 %.
- F Velký rozsah napájecího napětí 1,5 až 10 V u 7660, případně 12 V u 7660A a 7660S.
- F Mimo 7660 jsou nutné pouze dva (u invertoru) malé externí kondenzátory.

Použití

S obvody 7660 a z nich vycházejících typů lze jednoduše získat záporné napětí pro napájení několika operačních zesilovačů, systémy sběru dat či obvodů rozhraní RS-232 v zapojeních, jimž z větší části stačí napětí jediné polarizace, rozdělit



Obr. 3 - Základní zkušební zapojení se znázorněním některých úprav

jediné napětí na dvě poloviny a vytvářet zvyšovací měniče napětí i přímo na desce plošných spojů. Tyto požadavky pomáhají řešit zvláště v zařízeních napájených bateriemi.

Mezní hodnoty

	ICL7660AC, ICL7660SC
napájecí napětí	+13 V
napětí vývodů LV a OSC ¹⁾	-0,3 V a (+U + 0,3 V) pro +U < 5,5 V (+U - 5,5 V) a (+U + 0,3 V) pro +U > 5,5 V
proud do vývodu LV ¹⁾	20 μA pro +U > 3,5 V
rozsah pracovních teplot (okolí)	0 °C a +70 °C
doba trvání zkratu (+U ≤ 5,5 V)	neomezená

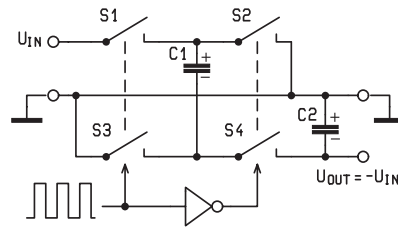
¹⁾ Přivedením napětí většího než +U a menšího než GND na kterýkoli vývod může způsobit destruktivní sepnutí vnitřní polovodičové struktury (latch-up)

Charakteristické parametry

Viz tab. 1. Platí pro +U = 5 V, T_A = 25 °C, C_{OSC} = 0 a zkušební zapojení invertoru na obr. 3

Činnost obvodu

Jak již bylo zmíněno, obsahuje ICL7660(A, S) s výjimkou dvou běžných elektrolytických kondenzátorů 10 μF vše nezbytné pro vytvoření napěťového invertoru, což je základní funkcí tohoto obvodu, i když jak uvidíme, lze se vstupním napětím provádět i jiné operace. K objasnění jeho principu lze použít zjednodušené funkční schéma na obr. 4. Jedna z dvojic spínačů S1, S3 a S2, S4 je v jedné půlperiodě kmitočtu řídicího oscilátoru vždy sepnuta a druhá rozepnuta a v této funkci se střídají. Při sepnutí S1 a S3 se kondenzátor C1 označovaný jako dávkovací nabije na napětí U_{IN}, s tím, že jeho horní polep bude vůči společnému vodiči (zemi) kladný. V druhé fázi, poté

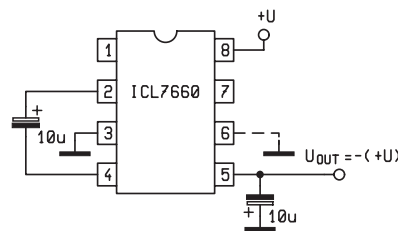


Obr. 4 - Princip funkce invertoru

co se S1 a S3 rozepnou a S2 a S4 sepnou, dojde k posunu úrovní napětí na kondenzátoru C1 tak, že na jeho spodním polepu bude napětí vůči společnému vodiči záporné a připojí jej paralelně k střádacímu kondenzátoru C2. Opakováním tohoto děje napětí na výstupu postupně narůstá a po ustálení bude U_{OUT} = -U_{IN}.

Ke ztrátám energie dochází při přenosu náboje mezi kondenzátory C1 a C2, je-li napětí na nich různé, přičemž $E = \frac{1}{2} C(U_1^2 - U_2^2)$, kde U₁ a U₂ jsou napětí na C1 ve zmíněných dvou cyklech. Je proto žádoucí, aby se tato napětí lišila co nejméně. Kondenzátor C2 by proto měl mít dostatečně velkou kapacitu kvůli zvlnění výstupního napětí, C1 pak kvůli účinnosti. Kondenzátory C1 a C2 by měly být také typu pokud možno s malým ekvivalentním sériovým odporem (ESR).

Jak vyplývá z tab. 1, lze u ICL7660S spojením vývodu BOOST (1) s +U (8) zvýšit kmitočet interního oscilátoru asi 3,5krát. Tím dojde ke zmenšení zvlnění a výstupního odporu. Možné také ale je, není-li zvlnění problém, snížit kapacitu kondenzátorů např. až na 0,1 μF a zmenšit tak velikost celého napěťového měniče.



Obr. 5 - Invertorem napětí se získá napětí U_{OUT} = -(+U)

parametr	symbol	podmínky	ICL7660AC			ICL7660SC			jedn.
			min	typ	max	min	typ	max	
napájecí proud	+I	R _L = ∞		80	165		80	160	μA
napájecí napětí	+U _L	0 ≤ T _A ≤ +70°C, R _L = 10 kΩ, LV na GND	1,5		3,5	1,5		3,5	V
	+U _H	0 ≤ T _A ≤ +70°C, R _L = 10 kΩ, LV naprázdno	3		12	3		12	
výstupní odpor	R _{OUT}	I _{OUT} = 20 mA		60	100		60	100	Ω
		I _{OUT} = 20 mA, 0 ≤ T _A ≤ +70°C			120			120	
		I _{OUT} = 3 mA, +U = 2 V, LV = GND 0 ≤ T _A ≤ +70°C			300			250	
kmitočet oscilátoru	f _{OSC}	C _{OSC} = 0, BOOST naprázdno nebo na GND		10			5	10	kHz
		C _{OSC} = 0, BOOST = +U						35	
výkonová účinnost	P _{EF}	R _L = 5 kΩ	96	98		96	98		%
napěťová účinnost	U _{OUT EF}	R _L = ∞	99	99,9		99	99,9		%

Několik zásad

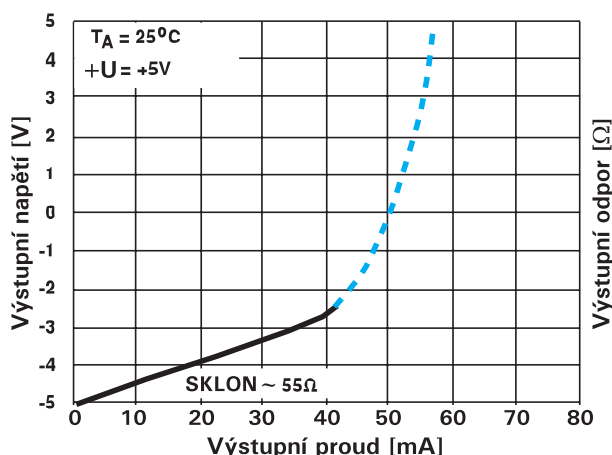
- F Nepřekračujte maximální napájecí napětí.
- F Nespojujte vývody LV a GND pro napětí zdroje větší než 3,5 V.
- F Zabraňte déletrvajícím spojení výstupu s +U, je-li +U > 5,5 V.
- F Při použití polarizovaných kondenzátorů musí být v případě invertoru kladný pól C1 spojen s vývodem 2 a u C2 s GND.
- F Při výstupním odporu zdroje vstupního napětí U_{IN} nad 25 Ω je účelné blokovat vývod 8 (+U) kondenzátorem alespoň 2,2 μF .
- F Výstup (OUT - 5) se nesmí stát kladnějším než vývod GND (3). Zajistí to dioda připojená anodou na 5 a katodou na 3.

Typické aplikace ICL7660(A, S)

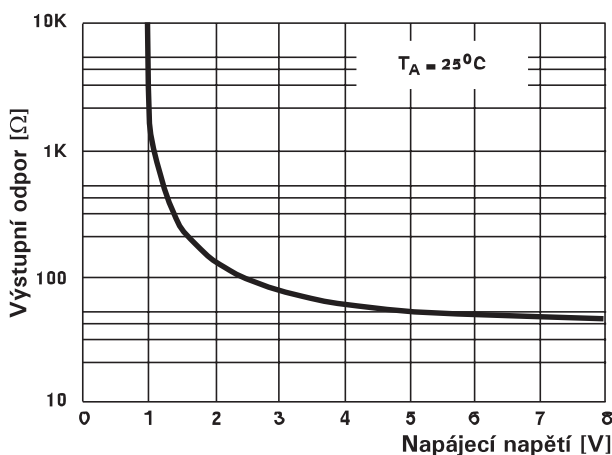
Dále popisovaná zapojení a některé uváděné hodnoty a charakteristiky platí přímo pro verze obvodu ICL7660 a ICL7660A. Použití 7660S, pokud není využíván vývod BOOST, neznamená prakticky žádnou změnu.

Jednoduchý invertor napětí

Nejčastěji využívanou aplikací je ICL7660(A,S) je vytvoření záporného napětí. Základní zapojení invertoru je na obr. 5. Naznačené spojení vývodu 6 (LV) v případě +U = 5 V neuvádíme. O chování invertoru v případě +U = 5 V vypovídá výstupní charakteristika na obr. 6. Při malé zátěži je inverze napětí téměř perfektní, při jejím zvyšování vidíme, že asi do 40 mA se výstup chová jako ideální invertor s vnitřním odporem asi 55 Ω . Při dále rostoucím zatížení je již charakteristika nelineární a je na ní patrné proudové omezení, které přispívá k bezpečnosti



Obr. 6 - Výstupní charakteristika invertoru

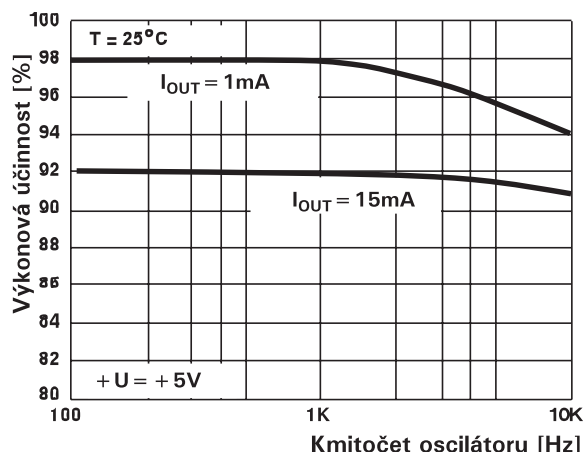


Obr. 7 - Závislost výstupního odporu na napájecím napětí

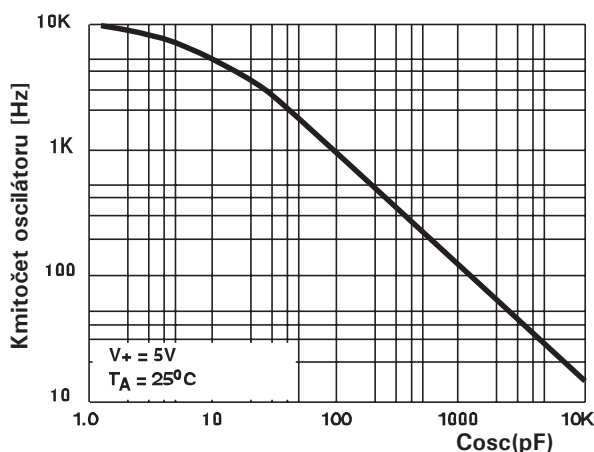
součástky. Zvlnění výstupu závisí na kapacitě výstupního kondenzátoru, který během jedné púlperody zajišťuje napájení zátěže ze svého náboje a který musí dávkovací kondenzátor doplňovat. Na obr. 7 vidíme, že vnitřní odpor s klesajícím napájecím napětím roste. Zlepšení lze pro $U < 3,5$ V docílit spojením vývodu LV (6) se zemí. Na výkonovou účinnost konverze má, jak ukazuje charakteristika na obr. 8, vedle zátěže vliv i kmitočet spínání, který lze snížit kondenzátorem C_{OSC} připojeným tak, jak je to naznačeno např. na obr. 3. Abychom příliš neexperimentovali, můžeme pro jeho nalezení využít graf na obr. 9. Pokud se použije $C_{OSC} > 1000$ pF je vhodné užít C1 a C2 s kapacitou 100 μF . Druhou možností je také synchronizovat vnitřní oscilátor externím signálem podle obr. 10. Je-li přiváděn z TTL systému, je vhodné použít hradlo s otevřeným kolektorem a zdvihací rezistor připojit k +U.

Zdvojnásobení vstupního kladného napětí

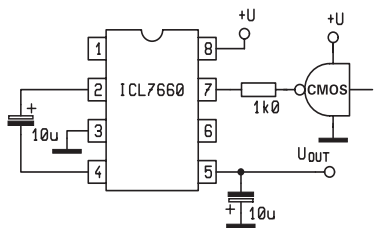
S ICL7660(A,S) lze získat i dvojnásobné kladné napětí. K tomu účelu je určeno zapojení uvedené na obr. 11, v němž jsou dva ze spínačů v 7660(A,S) jsou doplněny dvěma diodami D1 a D2, které nahrazují druhou dvojici spínačů, která je pro tuto funkci nepoužitelná. Pro zřejmější činnosti obvodu ve zdvojnásobovací jsou na obr. 12 opět znázorněny jen vnitřní spínače. V tomto případě jsou však funkční jen střídavě spínané S1 a S2. Je-li sepnut S2, nabíjí se kondenzátor C1 na napětí +U - U_F , kde U_F je úbytek na diodě D1 v propustném směru, asi 0,7 V. V následující fázi je toto napětí spolu s napájecím napětím +U přivedeno přes diodu D2 na kondenzátor C2, na kterém



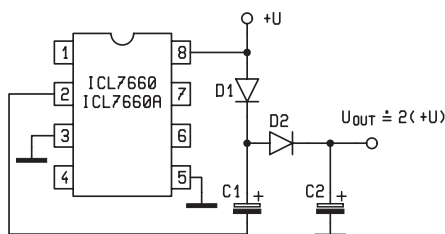
Obr. 8 - Závislost výkonové účinnosti na kmitočtu oscilátoru



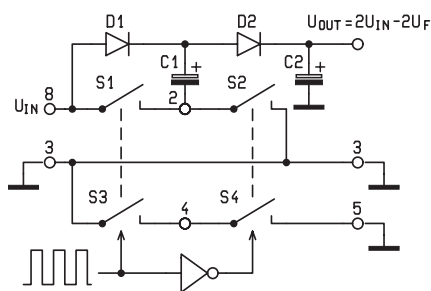
Obr. 9 - Závislost kmitočtu oscilátoru na kapacitě kondenzátoru C_{osc}



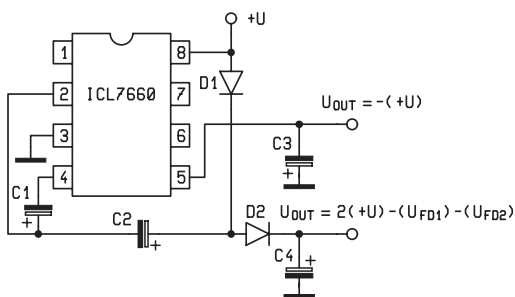
Obr. 10 - Kmitočet spínání lze ovlivnit i zevně



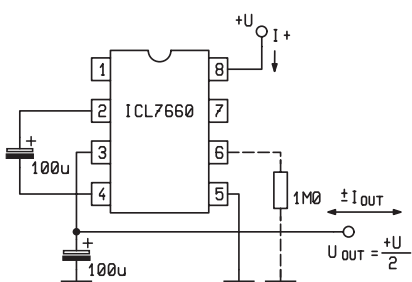
Obr. 11 - Zdvojovač napětí +U



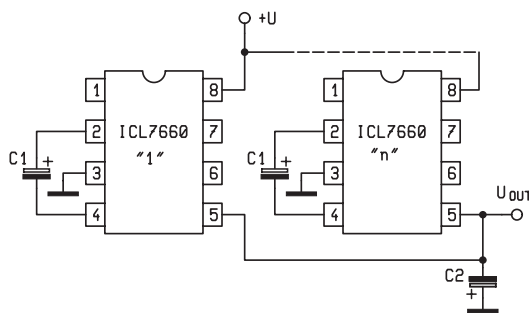
Obr. 12 - Princip funkce zdvojovače



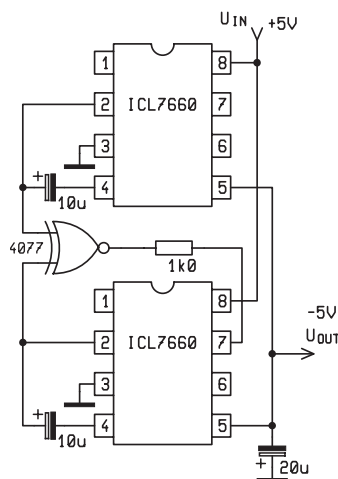
Obr. 13 - 7660 může pracovat současně jako invertor i zdvojovač



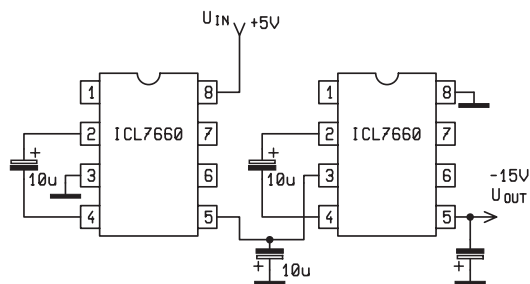
Obr. 14 - Tento obvod rozdělí napětí +U na dvě stejné poloviny



Obr. 15 - Pro snížení výstupního odporu lze zapojit 7660 paralelně



Obr. 16 - Funkci paralelně spojených invertorů lze synchronizovat



Obr. 17 - Takto lze získat z +5 V napětí -10 V

se ustálí napětí $U_{OUT} = 2(+U) - 2U_F$. Výstupní odpor je závislý na výstupním proudu a při $+U = 5\text{ V}$ a $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ je přibližně $60\ \Omega$.

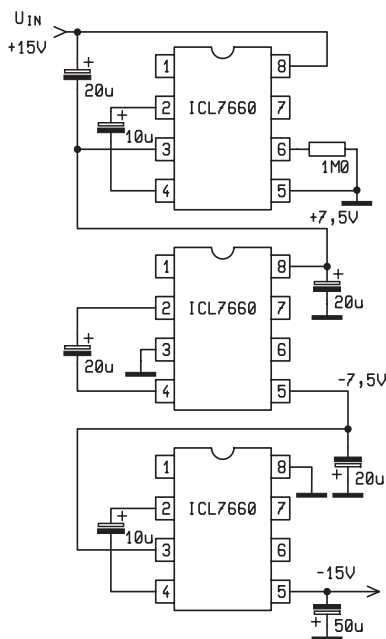
Kombinací již popsaných funkcí invertoru a zdvojovače je zapojení na obr. 13, které provádí obě funkce najednou. Kondenzátor C1 působí jako dávkovací a C3 jako střídací pro invertor a funkce zdvojovače s D1, D2 a C2 a C4 byla popsána u obr. 12.

Rozdělení vstupního napětí na dvě poloviny

Pomocí ICL7660(A,S) lze rozdělit dostatečně vysoké vstupní napětí na dvě stejné části. Vhodné zapojení je na obr. 14. Proti zapojení invertoru jsou v něm zaměněny funkce vývodů GND a OUT. Pokud by došlo k problémům při náběhu funkce po zapnutí, měl by pomoci naznačený rezistor $1\text{ M}\Omega$. Zapojení je vhodné např. tehdy, je-li třeba napájet zátěž určenou na poloviční napětí než je zdroj, který máme k dispozici. Někdy může být výhodné takto napájet dvě zátěže na nižší napětí ze zdroje napětí vyššího a při nižším odebíraném proudu, než kdyby byly zapojeny obě na zdroj jejich jmenovitého napětí. Toto zapojení má nižší výstupní impedanci než standardní obvod invertoru.

Paralelní spojování více obvodů 7660 při inverzi napětí

Pokud by pokles výstupního napětí v důsledku zatížení výstupu byl příliš velký, lze zapojit i několik ICL7660(A,S) paralelně, což u napájecích zdrojů jednoho druhu nelze běžně provádět, protože vzhledem k vždy přítomným rozdílům tečou mezi nimi vyrovnávací proudy působící ztráty. V tomto případě však mají stejné vstupní napětí a inverze napětí je prakticky dokonalá. Jak je vidět na obr. 15, má každý IO vlastní dávkovací kondenzátor, střídací je společný. V tomto zapojení dochází však k tomu, že zvlnění výstupního napětí obsahuje složky s kmitočtem obou měničů i jejich rozdílu. Pokud to nelze tolerovat je



Obr. 18 - Někdy je třeba vytvořit z +15 V napětí -15 V

možné synchronizovat činnost jednoho podle druhého doplněním o hradlo EX-NOR podle obr. 16.

Kaskádní zapojení několika 7660

Pokud je po inverzi napětí jedním IO 7660(A, S) jeho velikost ještě nedostatečná, je možné to napravit zapojením dalšího obvodu za něj, tak jak to vidíme na obr. 17 pro $n = 2$, takže získáme výstupní napětí $-n (+U)$. Pro malé zatížení lze počítat

s možností zapojení nejvýše 10 obvodů. Vnitřní odpor je roven přibližně součtu jednotlivých vnitřních odporů.

Invertor +15 V/-15V

Jeden ICL7660(A,S) v klasickém zapojení invertoru podle obr.5 na takovou přeměnu vzhledem k maximálnímu napětí mezi vývody 8 a 3 použít nelze, přesto však je možná, ovšem s třemi popisovanými IO zapojenými podle obr. 18. První IO1 rozdělí vstupní napětí na dvě poloviny. Kladné napětí 7,5 V je nejprve pomocí invertováno a posléze násobeno dvěma kaskádou z IO2 a IO3. Výstupní odpor je asi 250 Ω.

Závěr

Nábojové pumpy se v současnosti často objevují mezi novinkami výrobců integrovaných obvodů pro napájení elektronických obvodů a jeho řízení (power management). Pro menší zátěže, dnes již ale i do stovek mA, úspěšně nahrazují, zvláště kvůli jednoduchosti a s tím spojenou menší prostorovou náročností a výrazně menšímu rušivému vyzařování, spínané zdroje s indukčnostmi a transformátory. Proto snad nebylo zbytečné popsat IO 7660, který byl na počátku jejich úspěšného tažení elektronickými přístroji a je stále vyráběn a užíván.

Prameny:

- [1] ICL7660, ICL7660A CMOS Voltage Converters. Katalogový list Intersil Corporation, www.intersil.com, duben 1999.
- [2] ICL7660S Super Voltage Converter. Katalogový list Intersil Corporation, duben 1999.
- [3] Principles and Applications of the ICL7660 CMOS Voltage Converter. Aplikační poznámka AN051.1, Intersil Corporation, 1999.
- [4] Součásti pro elektroniku 2000. Katalog GM Electronic.

Speciální nabídka stavebnic a samostatných DPS

- vše připraveno k odběru v naší redakci, nebo zašleme poštou -

Samostatné desky s plošnými spoji k okamžitému odběru:

dps / č./název	cena za 1 ks	z č. / rok
026 Elektronická minutka	20,- Kč	04/93
041a Logická sonda	45,- Kč	04/93
041b Logická sonda	30,- Kč	04/93
060 Kapacitní spínač	30,- Kč	02/94
064 Miniaturní indikátor hladiny	10,- Kč	08/93
302 Měřič kolísání posuvu mgf pásku	150,- Kč	11/96
303 Brummetr	40,- Kč	11/96
306 Generátor uklidňujícího šumu	90,- Kč	01/97
308 13pásmový ekvalizér	100,-	02/97
318 Programátor PIC a EPROM	75,- Kč	06/97
322 Časový spínač k lampičce	20,- Kč	08/97
323 Melodický generátor s UM948-3	25,- Kč	08/97
324 Melodický generátor s UM512-2	25,- Kč	08/97
325 Telefonní tarifikátor	190,- Kč	09/97
327 Odpuzovač dotěrného hmyzu	20,- Kč	09/97
328 Termostat	200,- Kč	10/97
329 Logická sonda se sníženou spotřebou	40,- Kč	10/97
330 Zkoušeč tranzistorů	20,- Kč	11/97
331 Kontrola telefonního přístroje	5,- Kč	11/97
333 Síťový adaptér 12 V / 300 mA	40,- Kč	11/97
334 Spínaný zdroj 3 A s L4974	50,- Kč	01/98
337b Univerzální čítač s ICM 7226B	200,- Kč	1 - 3/98
337c Univerzální čítač s ICM 7226B	20,- Kč	1 - 3/98
343b Měřič kapacit	90,- Kč	04/98
346 Ovládání zadního stěrače	90,- Kč	06/98
347 Ovládání ventilátoru automobilu	50,- Kč	06/98
348 Dálkové ovládání monostabilní	70,- Kč	08/98
352 Měřič malých odporů	40,- Kč	06/98
355 Regulátor ss motorů	20,- Kč	07/98
358 Ovládání ventilátoru	30,- Kč	10/98
359 Metronom pro rotoped	40,- Kč	09/98
360-1 Metronom pro rotoped s počítadlem	65,- Kč	09/98
360-2 Metronom pro rotoped s počítadlem	120,- Kč	09/98
362 Výkonový blikáč	20,- Kč	09/98

363 Modul digitálního voltmetru s LCD	45,- Kč	09/98
365 Kmitočtová ústředna	70,- Kč	10/98
367 Tříkanálový směšovač nf signálů	60,- Kč	10/98
368 Zdroj 5 V pro NKP	15,- Kč	10/98
372 Tlačítka START a STOP pro NKP	20,- Kč	10/98
373 Interkom - centrální pult	550,- Kč	11, 12/98
374 Interkom - účastnická stanice	45,- Kč	11, 12/98
375 Regulovatelný měnič záporného napětí pro NKP	25,- Kč	11/98
388 Svitící ornament - hvězdičky	40,- Kč	12/98

Stavebnice k okamžitému odběru v redakci Rádio plus:

stavebnice č./název	cena za 1 ks	z č. / rok
345 Odpojovač baterie	230,- Kč	05/98
353 Dálkové ovládání	1385,- Kč	09/98
359 Metronom pro rotoped	220,- Kč	09/98
363 Modul digitálního voltmetru s LCD	340,- Kč	09/98
372 Tlačítka START a STOP	80,- Kč	10/98
381 Zkoušeč triaků a tyristorů	240,- Kč	12/98
386 Elektronická kostka	225,- Kč	12/98
385 Nn výkonový zesilovač pro NKP	240,- Kč	01/99
388 Hvězdičky	350,- Kč	12/98
395 Tříhlasá siréna	195,- Kč	02/99
405 Fuzz pro kytaru	235,- Kč	05/99
406 Kytarové tremolo	350,- Kč	05/99
414 Přepínač k desce vst. zesilovačů	250,- Kč	07/99
417 Nf zesilovač 2x 60 W	680,- Kč	09/99
418 Indikátor vybití	295,- Kč	09/99
430 Zdroj pro automatické zalévání	470,- Kč	08/99
438 Generátor počtu impulzů	270,- Kč	11/99
450 Regulátor otáček pro modelovou železnici	520,- Kč	12/99
457 BASIC 552 s 80C552	2200,- Kč	03/00
460a Teplotní snímač pro ventilátor	85,- Kč	05/00
460b Teplotní snímač pro ventilátor	55,- Kč	05/00
461 Zesilovač 2x 22 W (4x 11 W)	460,- Kč	04/00
470 Ukazatel napětí autobaterie v SMD	105,- Kč	06/00
472 Víceúčelová siréna s UM3561	210,- Kč	08/00
474 Karta klávesnice a displeje	1900,- Kč	04/00

A navíc: doprodejé žádané stavebnice

č. 354 Melodický generátor s UM66T (různé melodie) z čísla 08/98, cena 115,- Kč

Rádio plus - KTE, Šaldova 17, 186 00 Praha 8;

e-mail: redakce@radioplus.cz

Než se vydáte k nám do redakce, doporučujeme ověřit si zcela aktuální nabídku telefonicky: 02/24818885, tel./fax:24818886.

Termoelektrické chladičí moduly

Společnost GM Electronic naší redakci zapůjčila k vyzkoušení nové termoelektrické chladičí moduly. Byly jsme velmi příjemně překvapeni jejich účinností a snadnou aplikací. Doporučujeme je Vaší pozornosti, vážení čtenáři.

Peltierův jev

Základní princip funkce termoelektrických modulů objevil Peltier již v roce 1834 (Jean Charles Athanase Peltier, 22. 2. 1785 až 27. 10. 1845, francouzský fyzik). Peltierův jev lze popsat takto: prochází-li stejnosměrný proud nehomogenním obvodem, pak se jeden ze spojů ohřívá, kdežto druhý ochlazuje v závislosti na směru procházejícího proudu. Množství uvolněného, nebo absorbovaného tepla závisí na velikosti proudu, procházejícího obvodem a na materiálu vodiče. Vhodnost určitého materiálu udává součinitel efektivity z .

$$z = \alpha^2 \gamma / \lambda$$

α je termoelektrická konstanta [V/K],

γ je elektrická vodivost [S/m],

λ je tepelná vodivost [J/m s K].

Volbou materiálu je třeba dosáhnout co největší hodnoty z . Vhodné materiály s velkou elektrickou vodivostí a malou tepelnou vodivostí jsou většinou tvořeny slitinami antimonu (Sb), telluru (Te), vizmutu (Bi) a germania (Ge). Prakticky se používají termoelektrické moduly, složené z velkého množství jednotlivých termoelektrických článků, v nichž jsou tyto články pro elektrický proud zapojeny v sérii, kdežto z hlediska toku tepelné energie fungují paralelně. Většinou mají tyto moduly tvar obdélníku s malou tloušťkou. Doposud většímu rozšíření těchto modulů bránila zejména jejich vysoká cena, pro níž byly používány výhradně v náročných aplikacích (vědeckovýzkumných, ale zejména vojenských). Teprve v poslední době začaly tyto moduly povolně pronikat i do ostatních sfér, i do spotřební elektroniky. Na našem trhu je například v některých obchodních domech již k dostání přenosná chladnička do auta, využívající termoelektrický modul, v ceně řádově 10 000 Kč.



Nabízené moduly

Firma GM Electronic v současné době nabízí několik různě velkých termoelektrických modulů, jejichž cena již začíná být přijatelná i pro amatérské konstruktéry a experimentátory. Jde o výrobky ruské firmy, založené roku 1992 po transformaci největšího výzkumného a vývojového institutu v St. Petersburgu, jenž se zabýval vývojem a výrobou termoelektrických modulů pro armádu a vesmírný průmysl. Díky značným zkušenostem v tomto oboru zaujala tato firma velmi rychle vedoucí místo ve výrobě termoelektrických modulů na světě. K výrobě modulů používá slitinu telluru a vizmutu dotovanou malým množstvím selenu a antimonu. Modul je tvořen dvěma keramickými destičkami, mezi nimiž jsou rozloženy termoelektrické články. Speciální moduly mohou mít tyto destičky i pokovené.

Výhody termoelektrických modulů

Termoelektrické moduly plní tutéž úlohu, jako běžné kompresorové, nebo absorpční systémy v chladničkách – "přečerpávají" tepelnou energii. Jejich konstrukce však nabízí řadu výhod:

F Neobsahují žádné pohyblivé mechanické díly, ani kapaliny.

F Naprosto bezhlučný chod.

F Malé rozměry a malá hmotnost chladičího systému. Lze konstruovat i miniaturní systémy.

F Vysoká spolehlivost termoelektrických modulů (např. firma Kryotherm zaručuje průměrnou dobu bezporuchového chodu (MTBF) 200.000 hodin (tj. přes 22 let).

F Snadná manipulace díky kompaktní robustní konstrukci.

F Možnost přesné regulace teploty.

F Cenová nenáročnost (v této době).

F Funkce v libovolné poloze.

F Zcela bezpečný provoz, který vůbec neohrožuje životní prostředí.

Využití termoelektrických modulů

Termoelektrické chladičí moduly nacházejí využití v celé řadě aplikací.

V elektronice:

Miniaturní chladičí jednotky ve vstupních nízkofrekvenčních vstupních obvodech vysoce citlivých přijímačů a zesilovačů, chladičí jednotky pro výkonové vysokofrekvenční generátory, koncové stupně rádiových vysílačů, chladiče laserů, CCD kamer a matic, chladiče parametrických zesilovačů pro různé aplikace, chladiče vakuových i polovodičových fotodetektorů, chladiče mikroprocesorů, integrovaných obvodů, jakož i celých desek i přístrojů.

V lékařství:
Mobilní chladičí kontejnery pro ukládání a převoz biologických tkání a roztoků (krve, plazmy atd.), chladiče oftalmologických přístrojů pro transplantaci krystalických čoček, mikromanipulátorů, přístrojů pro léčení a prevenci kožních onemocnění, chladiče anesteziologických souprav, chladiče pro kosmetické a farmaceutické účely.

Ve vědě a laboratořích:

Chladičí komůrky, zmrazovače, tepelně stabilizované komory, chladičí desky a stolky v mikroskopii, chladiče a zmrazovače pro celou řadu speciálních aplikací (v řadě případů je termoelektrický modul použit současně jako snímač teploty).

Ve spotřební elektronice:

Přenosné ledničky různých rozměrů pro různé aplikace (do auta, na pikniky apod.), chladiče pitné vody, chladiče nápojů, chladičí prostory pro obchody s potravinami a restaurace, chladiče motocyklových přileb, chladiče vína, chladiče masážních přístrojů, atd.

Pro klimatizační zařízení:

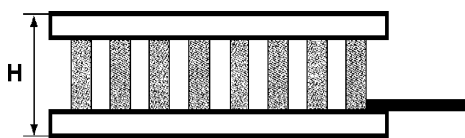
Univerzální elektronické klimatizéry, chladiče vzduchu, pokojové kondicionéry, čističky a zvlhčovače vzduchu, chladiče stojanů pro elektroniku, stabilizátory teploty pro akvária a terária.

Současný katalog výrobní firmy nabízí více než 150 různých provedení termoelektrických modulů s rozměry od 3,4 × 3,4 mm až do 62 × 62 mm, jež poskytují chladičí výkon od 0,1 W do 186 W. Na zvláštní objednávku je firma schopna dodat i moduly mimo tuto řadu (např. modul 0,1 W o velikosti 1,8 × 3,4 mm, nebo také třeba modul 250 W o velikosti 62 × 62 mm). Aktuální informace získáte u firmy GM Electronic (gm@gme.cz).

V tabulkách s údaji jednotlivých typů jsou uváděny tyto parametry:

I_{\max} , U_{\max} – elektrický proud [A] a napětí [V], při nichž modul dosahuje největšího rozdílu teplot ΔT_{\max} mezi keramickými destičkami.

Q_{\max} – maximální chladičí mohutnost (kapacita) modulu [W]. Tato hodnota odpovídá právě nulovému rozdílu teplot



Celkové (vnější*) rozměry modulů:
a) standardní od 8 × 8 do 62 × 62 mm;
b) se zvýšenou účinností od 30 × 30 do 40 × 40 mm;

* pozn.: na rozdíl od tabulek, kde jsou uváděny rozměry bez vnějších keramických destiček

mezi keramickými deskami při maximální hodnotě proudu, procházejícího modulem ($I = I_{\max}$, $\Delta T = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$).

ΔT_{\max} – největší možný rozdíl teploty keramických desek [$^\circ\text{C}$], jehož lze dosáhnout při nulové chladicí kapacitě a při maximální hodnotě proudu, procházejícího modulem ($I = I_{\max}$, $Q = 0 \text{ W}$).

A, B, H – rozměry modulu dle příloženého výkresu. H je celková tloušťka modulu, jež je o tloušťku obou keramických desek větší, než čistá výška článků, uváděná v názvu modulu.

Rozměry termoelektrického modulu jsou dány rozměrem obou keramických desek modulu. V souladu s ustálenou zvyklostí jsou napájecí elektrody modulu, k nimž se pájejí napájecí přívody, umístěny na "horké" straně (tj. "výstupní" straně tepelné energie) modulu. Všechny výkresy modulů jsou orientovány tak, že studená strana modulu je nahoře a horká dole. (Horká strana je u některých typů poněkud větší než studená.) Levá elektroda (která má obvykle připájen černý vodič) je určena pro připojení záporného pólu, pravá elektroda (s červeným vodičem) pro připojení kladného pólu napájecího zdroje.

Podle geometrického uspořádání rozoznáváme moduly jednostupňové, a to buď běžné, nebo se zvýšenou účinností, moduly speciální a moduly vícestupňové. Jednostupňové moduly dosahují teplotního rozdílu 70 $^\circ\text{C}$, dvoustupňové 90 $^\circ\text{C}$, třístupňové 100 až 120 $^\circ\text{C}$ a čtyřstupňové 120 až 140 $^\circ\text{C}$.

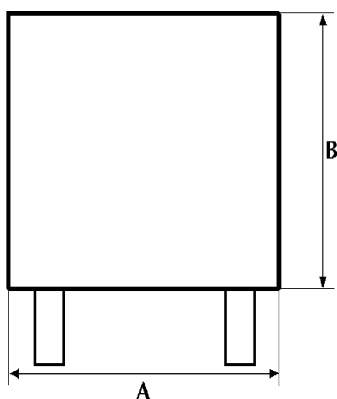
Firemní značení termoelektrických modulů

Jednostupňové termoelektrické moduly TB-AAA-BB-CC:

TB – termoelektrická baterie (modul);
 AAA – počet termoelektrických článků v modulu;

BB – délka termoelektrického prvku v mm;
 CC – výška prvku v mm.

Například modul TB-127-1,4-1,5 je složen ze 127 termočlánků (tj. 256 prvků), jejichž prvky mají průřez 1,4 × 1,4 mm a výšku 1,5 mm.



Vysoce účinné (zdokonalené) termoelektrické moduly DDDD-EE:

DDDD – zkrácený název řady modulů;
 EE – minimální hodnota ΔT_{\max} ($^\circ\text{C}$) modulu.

Například řada modulů "FROST" obsahuje moduly s ΔT_{\max} 71, 72, 73, 74 $^\circ\text{C}$ (EE) a výše. Pokud určitá řada obsahuje pouze jeden modul, mohou mít označení "EE" vynechány. Jestliže jsou hodnoty ΔT_{\max} celé řady stejné, avšak moduly řady mají různě velkou chladicí kapacitu, pak označení "EE" udává výšku prvku. Například řada modulů "DRIFT" obsahuje moduly s označením ("EE") 1,5 (s výkonem 94 W); 1,2 (115 W); 1,15 (s výkonem 120 W); 1,05 (131 W) a 0,8 (172 W).

U termoelektrických modulů s otvorem a modulů kruhového tvaru je označení obdobné jako u normálních jednostupňových modulů, ale s doplňkovými znaky:

CH – pro pravoúhlé moduly se středovým otvorem (např. TB-43-1,0-0,8CH);

CHR – kruhové moduly s centrálním otvorem (např. TB-19-1,0-1,3CHR);

R – kruhové moduly (např. TB-253-1,4-1,5R).

Vysokoteplotní termoelektrické moduly mohou pracovat při zvýšené teplotě (provozní teplota teplé strany modulu je až 120 $^\circ\text{C}$) a mají doplňkové označení "HT" (např. FROST-74HT).

Vícestupňové termoelektrické moduly používají označení TB-A-(BB1-BB2-BB3-BB4)-CC, kde je:

TB – zkrácený název (termoelektrická baterie (modul);

A – počet stupňů modulu;

BB1 – BB4 – počet termočlánků v prvku prvního, druhého, třetího a čtvrtého stupně modulu;

CC – výška termoelektrického prvku čtvrtého stupně v mm.

Konstrukční detaily použití modulů

Modul musí být v dobrém kontaktu jak svou studenou stranou, tj. s chlazeným pro-

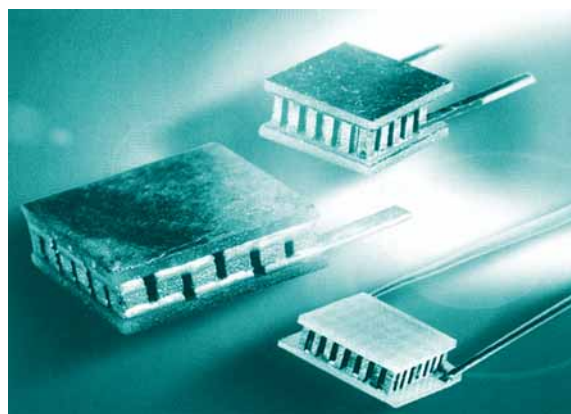
storem, nebo plochou, ale i svou teplou stranou s vhodným chladičem. Povrch přitlačných ploch musí být dostatečně hladký, jeho nerovnosti nesmějí překračovat $\pm 0,025 \text{ mm}$. Aby nedošlo k prohnutí, či zvlnění přitlačných ploch během montáže, je třeba, aby upevňovací otvory byly co nejlíže u modulu. Kromě toho je vhodné umístit otvory v místech, kde je materiál zesílen chladicími žebry. Před montáží je třeba obě plochy stejnoměrně potřít tenkou vrstvou tepelně vodivé pasty pro zmenšení tepelného odporu montáže. Modul je pak třeba přitlačit horkou stranou na chladicí plochu rovnoměrnou silou až je jeho dobrý kontakt s chladičem dosažen. Poté je vhodné odstranit přebytečnou pastu. Pak se stejným způsobem přiloží studená přitlačná plocha, s níž je třeba přitom lehce stranově pohybovat. Pak je třeba celek sešroubovat s použitím tepelně izolačních podložek. Dotahování je třeba provádět velmi opatrně postupným utahováním všech upevňovacích šroubů. Zejména tehdy, montuje-li se sestava několika modulů, je třeba dodržet pořadí dotahování, počínaje středními šrouby a konče šrouby na obvodu sestavy. Šrouby je nutno dotahovat nepřilíživým velkým momentem. Například pro montáž řady modulů FROST je přípustný moment 23 až 24 kpcm, pro řadu SNOWBALL 13 až 20 kpcm.

Volba typu termoelektrického modulu

K volbě typu modulu je třeba upřesnit požadavky, které jsou na chladicí systém kladeny. Je to teplota, požadovaná v chlazeném prostoru či na chlazené ploše, pracovní objem chlazeného prostoru, teplota okolí, tloušťka a typ izolace a aktivní zdroj tepla v chlazeném prostoru.

Z celé řady nejrůznějších požadovaných aplikací je možno popsat dva nejčastěji se vyskytující případy:

1. Teplota okolí je vyšší, než teplota chlazeného objektu, přičemž chlazený objekt neobsahuje žádný aktivní zdroj tepelné energie. V tomto případě má poža-



Module	I _{max} (Amps)	Q _{max} (Watts)	U _{max} (Volts)	dT _{max} (K)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	H (mm)
(-)									
SNOWBALL-71	3.6	36.0	16.1	71	30.0	30.0	(-)	(-)	3.6
STORM	3.6	34.5	15.7	69	40.0	40.0	(-)	(-)	3.6
STORM-71	3.6	36.0	16.1	71	40.0	40.0	(-)	(-)	3.6
FROST-71	6.1	61.0	16.1	71	40.0	40.0	(-)	(-)	3.9
FROST-72	6.2	62.0	16.3	72	40.0	40.0	(-)	(-)	3.9
FROST-73	6.2	64.0	16.5	73	40.0	40.0	(-)	(-)	3.9
FROST-74	6.3	65.0	16.7	74	40.0	40.0	(-)	(-)	3.9
ICE-71	8.0	80.0	16.1	71	40.0	40.0	(-)	(-)	3.4
HAIL	7.9	76.0	15.7	69	48.0	48.0	(-)	(-)	3.4
HAIL-71	8.0	80.0	16.1	71	48.0	48.0	(-)	(-)	3.4
DRIFT-1.5	6.1	94.0	24.9	70	40.0	40.0	(-)	(-)	3.9

Input parameters:
 Type of Cooling: natural
 T_{ambient} (K) = 293
 T_{object} (K) = 263
 Q_{cold} (W) = 20.00
 Result: T_{hot} (K) = 308.0, T_{cold} (K) = 263.0

#	Module	m	COP	I(A)	U(V)	W(W)	Qhot(W)	Qcold(K/W)
1	FROST-74	1	0.4287	4.2	11.0	46.7	66.7	0.23
2	TB-31-1,4-2,5	9	0.4200	2.2	2.4	5.3	7.5	2.0
3	TB-31-2,0-2,5	5	0.4198	4.2	2.3	9.5	13.5	1.1
4	TB-71-1,4-2,5	41	0.4193	2.2	0.53	1.2	1.7	9.1
5	TB-71-1,4-2,5	4	0.4181	2.2	5.5	12.0	17.0	0.88
6	TB-17-2,0-2,5	8	0.4175	4.5	1.3	6.0	8.5	1.8
7	TB-7-2,0-2,5	20	0.4168	4.5	0.54	2.4	3.4	4.4
8	TB-71-1,4-3,175	5	0.4167	1.7	5.5	9.6	13.6	1.1
9	TB-71-2,0-2,5	2	0.4165	4.4	5.4	24.0	34.0	0.44
10	TB-17-1,4-2,5	17	0.4164	2.2	1.3	2.8	4.0	3.7

dovaná chladicí kapacita pouze dvě složky: chladicí kapacitu, nutnou k dosažení požadované teploty objektu a chladicí kapacitu, nutnou pro kompenzaci tepla, pronikajícího do chlazeného objektu nedokonalou izolací stěn chladicí komory.

2. Okolní teplota je vyšší, než teplota chlazeného objektu a chlazený objekt obsahuje aktivní zdroj tepla. V takovém případě musí chladicí kapacita navíc zahrnovat i kapacitu, nutnou k odvodu tepelné energie, vyvíjené vnitřním zdrojem. V těchto případech je třeba věnovat zvláštní pozornost tepelné izolačním materiálům a volit takové materiály, které umožňují i při zmenšené tloušťce stěn chlazeného prostoru volit termoelektrický modul s minimálními rozměry. Nejčastěji používaným a velmi vhodným tepelné izolačním materiálem, a tudíž také doporučovaným, je pěnový polyuretan s tepelnou vodivostí 0,035 W/mK. Teplotní vodivosti některých dalších materiálů, používaných pro tepelnou izolaci, uvádíme v přehledné tabulce:

materiál	tepelná vodivost [W/mK]
pěnový polyuretan	0,035
dřevo (borovice)	0,11
guma	0,16

plexisklo (akrylát) 0,26
 sklo 0,80

3. Okolní teplota je nižší, než je požadovaná teplota chlazeného objektu. Přirozený odvod tepla z chlazeného objektu do okolí zmenšuje nezbytnou chladicí kapacitu modulu. V tomto případě je třeba, aby materiál stěn chlazeného prostoru měl co největší tepelnou vodivost. Pro tyto případy bývají většinou stěny chlazeného prostoru kovové. Teplotní vodivost nejčastěji používaných materiálů je:

materiál	tepelná vodivost [W/mK]
měď (Cu)	386
hliník (Al)	204
zinek (Zn)	112
litina	83
ocel	48

Příklad výpočtu:

Určit vhodný termoelektrický modul pro chladič vody s kapacitou 1 litru (vnitřní rozměry chladicí komory 100 × 100 × 100 mm) na teplotu +5 °C při okolní teplotě +25 °C. Chladicí doba je 1 hodina.

Zadaná data:

M = 1000 g – hmotnost chlazeného objektu
 C = 4180 J/kg K – tepelná konstanta vody

P = 1000 kg/m³ – hustota vody

T = 3600 s – doba, požadovaná pro dosažení potřebného teplotního rozdílu
 T_c = 5 °C (278 K) – požadovaná teplota v komůrce
 T_a = 25 °C (298 K) – okolní teplota

ΔT = T_a – T_c = 20 °C – požadovaný teplotní rozdíl

Pro upřesnění předpokládáme, že tloušťka stěn

bude 20 mm a budou tvořeny polyuretanovou pěnou (s teplotním koeficientem 0,035 W/m K), což odpovídá vnější ploše chladicí komory 0,078 m².

Použijeme následující označení:

- T_{hot} – teplota horké strany modulu
- Q₁ – chladicí kapacita, nutná pro dosažení 5 °C
- Q₂ – chladicí kapacita nutná pro kompenzaci tepla, pronikajícího izolací zvenku
- Q_c – celková nutná chladicí kapacita (Q₁ + Q₂)
- Q₃ – tepelný výkon, vytvářený na horké straně modulu
- L – tepelná vodivost izolačního materiálu [W/m K]
- D – tloušťka izolačního materiálu [mm]
- P – napájecí příkon modulu

Postup výpočtu:

Krok 1: určení výkonu (Q₁), nutného pro ochlazení kapaliny na požadovanou teplotu

$$Q_1 = MC (T_a - T_c) / t$$

$$Q_1 = 1 \times 4180 \times (25 - 5) / 3600 = 23,3 \text{ W}$$

Krok 2: určení tepelných ztrát (Q₂), způsobených nedokonalou izolací

$$S_{\text{int}} = 6 \times 0,1^2 = 0,06 \text{ m}^2 \text{ (vnitřní povrch)}$$

$$S_{\text{ext}} = 6 \times 0,14^2 = 0,118 \text{ m}^2 \text{ (vnější povrch)}$$

$$S = (S_{\text{int}} + S_{\text{ext}}) / 2 = 0,089 \text{ m}^2 \text{ (průměrná plocha povrchu)}$$

$$Q_2 = I S (T_a - T_c) / d$$

$$Q_2 = 0,035 \times 0,089 \times (25 - 5) / 20 \times 10^{-3} = 3,1 \text{ W}$$

Krok 3: určení celkové požadované chladicí kapacity modulu

$$Q_c = Q_1 + Q_2$$

$$Q_c = 23,3 + 3,1 = 26,4 \text{ W}$$

Krok 4: stanovení teploty horké strany modulu (T_h) a teplotního rozdílu ΔT.

Na základě zkušeností s provozem modulů se doporučuje volit teplotu horké strany modulu o 20 °C vyšší, než studené (pro účinný odvod tepla).

$$T_h = T_a + 20 = 45 \text{ °C}$$

Teplotní rozdíl mezi oběma stranami modulu pak bude

$$\Delta T = T_h - T_c = 45 - 5 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Krok 5: určení maximální chladicí kapacity termoelektrického modulu

$$Q_{\max} = 1,15 Q_c \frac{1}{1 - \frac{\Delta T}{T_h}} \left(\frac{3000}{T_h} \right)^2$$

$$Q_{\max} = 2,54 \times 26,4 = 67 \text{ W}$$

Ve většině aplikací lze volit termoelektrický modul v rozmezí -10 % až +20 % vypočtené hodnoty (zde tedy od 60,3 W do 80,4 W).

Krok 6: volba termoelektrického modulu.

Podle hodnoty Q_{\max} lze z katalogu termoelektrických modulů vybrat vhodný modul. Pro tento případ vyhovuje modul FROST-74.

Krok 7: určení napájecího proudu, napětí a příkonu. Pro námi zvolený modul FROST-74, požadovanou chladicí kapacitu $Q_c = 26,4 \text{ W}$, teplotu horké strany modulu $T_h = 318 \text{ K}$ a studené strany modulu $T_c = 278 \text{ K}$ je třeba stanovit příslušné hodnoty napájení.

Chladicí kapacita modulu závisí na absorpci tepla v důsledku působení Peltierova jevu, jež je přímo úměrná velikosti procházejícího proudu následkem Jouleova tepla (závisí na druhé mocnině proudu) a na vedení tepla v modulu, způsobeném jeho tepelnou vodivostí. Požadovaný proud lze určit řešením kvadratické rovnice: $G^2 + bG + c = 0$, kde je

$G = I / I_{\max}$ poměr provozního proudu k maximálnímu, čili: $I = G \times I_{\max}$.

$$b = \frac{-2Tc}{300 - \Delta T_{\max}}$$

$$c = \frac{-2Qc}{U_{\max} - I_{\max}} \cdot \frac{300}{300 - \Delta T_{\max}} + \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}}$$

Po výpočtu koeficientů b a c je možno vypočítat proud řešením kvadratické rovnice pomocí známého vzorce:

$$I = G \cdot I_{\max} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4c}}{2} \cdot I_{\max}$$

Pro vyčíslení koeficientů b a c je nutno použít parametry zvoleného modulu (FROST-74), tj.:

maximální proud $I_{\max} = 6,3 \text{ A}$
 max. chladicí kapacita $Q_{\max} = 65,0 \text{ W}$
 max. napětí $U_{\max} = 16,7 \text{ V}$
 a maximální rozdílová teplota modulu $\Delta T_{\max} = 74 \text{ K}$

Po výpočtu pak je:

$$b = -2,46$$

$$c = 1,21$$

Po dosažení do uvedeného vztahu:

$$I = \frac{2,46 - \sqrt{(-2,46)^2 - 4 \cdot 1,21}}{2} \cdot 6,3 = 0,68 \cdot 6,3 = 4,3 \text{ A}$$

Napájecí napětí je pak možno vypočítat ze vztahu:

$$U = \left(\frac{I}{I_{\max}} \cdot \frac{300 - \Delta T_{\max}}{300} + \frac{\Delta T}{300} \right) \cdot U_{\max}$$

$$U = \left(\frac{4,3}{6,3} \cdot \frac{300 - 74}{300} + \frac{40}{300} \right) \cdot 16,7 = 0,65 \cdot 16,7 = 10,8 \text{ V}$$

Napájecí příkon je dán součinem napájecího proudu a napětí:

$$P = U \cdot I$$

$$P = 10,8 \cdot 4,3 = 46,4 \text{ W}$$

Výsledné elektrické parametry tedy jsou:

$$I = 4,3 \text{ A}$$

$$U = 10,8 \text{ V}$$

$$P = 46,4 \text{ W}$$

Krok 8: stanovení tepelného odporu na horké straně modulu.

Aby bylo možno odvádět teplo z horké strany modulu, je nutné použít chladicí profil s daným tepelným odporem R_{hot} . Jeho parametry určuje rozdíl teplot mezi horkou stranou modulu a teplotou okolí a teplem, rozptylovaným horkou stranou modulu:

$$R_{\text{hot}} = (T_h - T_a) / (Q_c + P)$$

$$R_{\text{hot}} = (45 - 25) / (26 + 56) = 0,24 \text{ K/W}$$

Požadované chlazení je třeba realizovat příslušným chladicím profilem, vybraným z katalogu chladiců jakéhokoliv výrobce.

Uvedený výpočet jsme uvedli jako ilustrativní názornou pomůcku, která pomůže čtenáři pochopit postup při realizaci chladicího systému. Pro praktické výpočty doporučujeme využít program, jenž je nabízen zdarma. Jakékoli dotazy je možno zasílat na adresu: gmg@gme.cz.

Praktické uspořádání chladicího systému

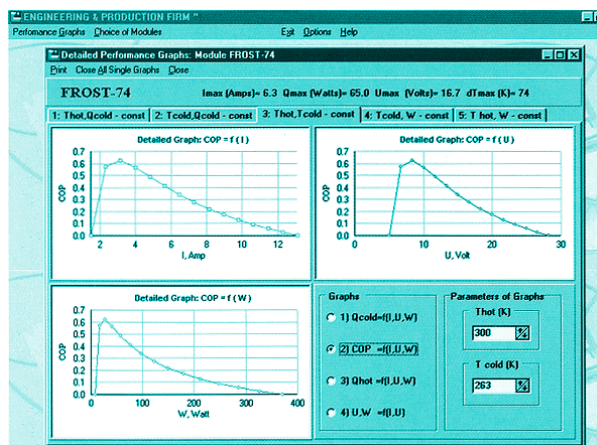
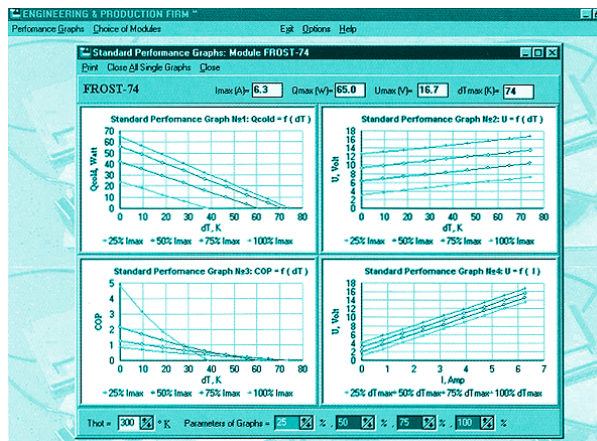
Vlastní konstrukční uspořádání systému závisí na tom, o jaký typ systému jde (viz výše).

A) Půjde-li o chladič 1 litru vody, použitý pro příklad výpočtu, bude možné konstrukční uspořádání přibližně následující: měděná nádržka s chlazenou kapalinou a víkem (nebo přítokovým a odtokovým ventilem) bude ze všech stran obklopena tepelnou izolací (zde byl použit pěněný polyuretan). Na jedné straně nádobky bude izolace vyříznuta a ve výřezu bude přišroubován termoelektrický modul s příslušným chladičem, zajišťujícím odvod tepla do okolí.

B) Bude-li termoelektrický modul použit pro chlazení integrovaného obvodu, může být přišroubován přímo k tomuto obvodu (studenou stranou), i když pro dosažení rovnoměrného rozložení teploty bude zřejmě výhodnější vložit mezi integrovaný obvod a modul měděnou destičku. Toto uspořádání umožní značně zvýšit efektivnost chlazení, neboť integrovaný obvod je pak možno provozovat např. při teplotě 30 °C (což zaručí jeho dlouhou životnost), zatímco chladič na horké straně modulu může pracovat např. při teplotě 90 °C (což zaručí vysokou účinnost odvodu tepla).

C) Bude-li chlazen vzduch ve vnitřním prostoru (chladička potravin), je třeba zajistit odvod tepla zevnitř rovněž vhodným chladicím profilem, nebo celý chlazený prostor zhotovit z vhodného materiálu (hliníku), jenž odvod tepla ze vzduchu zajistí. Pokud nebude k odvodu tepla dostačovat přirozená cirkulace vzduchu uvnitř chlazeného prostoru, je třeba použít nucenou cirkulaci. V takovém případě je třeba počítat s vnitřním aktivním ohřevem (je-li motor cirkulační jednotky umístěn uvnitř), nebo s dostatečnou tepelnou izolací pohonného hřídele (je-li motor umístěn mimo chlazený prostor).

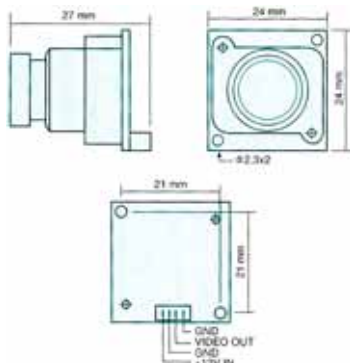
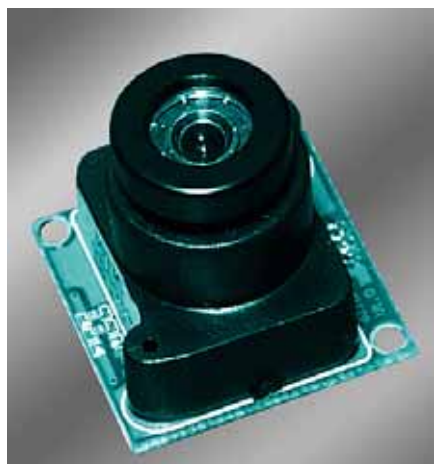
D) U klimatizéry je zpravidla použítí nucené cirkulace nezbytné. Studená strana sady modulů je upevněna na chladicím profilu, směřujícím do klimatizované



Nové moduly televizních kamer

Nabídku společnosti GM Electronic obohatily nové moduly televizních kamer firmy YOKO z Tajwanu vhodné pro vestavu do individuálně konstruovaných krytů nebo pouzder. Moduly jsou vybaveny snímačem CMOS o rozměru 1/3 palce (8,5 mm) a mechanicky zaostřovaným objektivem s ohniskovou vzdáleností 3,6 mm a světelností F 2,0. Rozměry modulů: 24 × 24 mm, délka v ose objektivu 30 – 36 mm (podle zaostření).

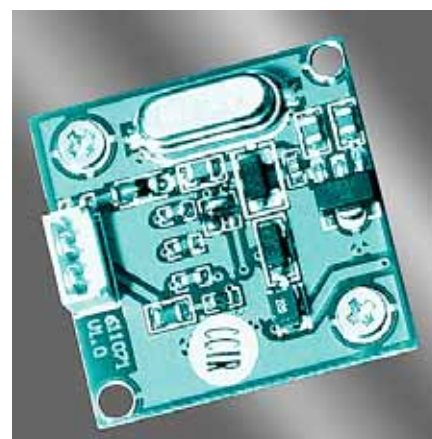
Typ YK-2025 je modul barevné televizní kamery, pracující v normě PAL s rozlišením 628 × 582 obrazových bodů (tj. celkem 360.000 bodů). Praktické rozlišení dosahuje 330 řádků. Kamera pracuje již při osvětlení 2 luxy. Odstup signálu od šumu dosahuje minimálně 48 dB. Automatická závěrka pracuje v rozsahu od 1/50 s až do 1/15000 s. Hodnota gamma činí 0,45. Kamera je vybavena automatickou regulací zesílení a automatickým vyvážením bílé barvy. Synchronizace je vnitřní, zápornými synchronizačními impulzy. Výstup obrazového signálu dosahuje rozkmitu 1 V na zátěži 75 Ω. Napájení modulu je 12 V ±10 %, odběr proudu 40 mA. Provozní teplota je od -10 °C do +50 °C. **Maloobchodní cena modulu je 2250 Kč (cena bez DPH 1725,67 Kč).**



Typ YK-3033 je modul černobílé televizní kamery, pracující v normě CCIR s rozlišením 352 × 288 obrazových bodů. Praktické rozlišení dosahuje 240 řádků. Kamera pracuje již od osvětlení 0,5 luxu (případně v úplné tmě, je-li vybavena sadou osvětlovacích infračervených svítivých diod). Odstup signálu od šumu je lepší, než 48 dB. Automatická závěrka pracuje v rozsahu od 1/50 s až do 1/6000 s. Kamera pracuje s prokládáním 2:1 a je vybavena automatickým řízením zesílení. Hodnota gamma je 0,45. Synchronizace je vnitřní, zápornými synchronizačními impulzy. Výstup obrazového signálu dosahuje rozkmitu 1 V na zátěži 75 Ω. Napájení modulu je 12 V ±10 %, odběr proudu 20 mA. Provozní teplota je od -10 °C do +50 °C. **Maloobchodní cena modulu je 1125 Kč (cena bez DPH 862,83 Kč).**

Zhodnocení: snímací prvky CMOS přinášejí další zlepšení stability obrazu

a odolnosti proti přesvětlení. Rozměry kamerových modulů je přímo předurčují pro hlídání či dozor v uzavřených televizních systémech. Jejich cena je neobvykle příznivá, takže se značně rozšiřují možnosti jejich využití pro amatérské experimenty a konstrukce. Rovněž vybavení hlídaného prostoru několika kamerami již nebude finančně omezeno. Slušný rozsah provozní teploty tyto moduly předurčuje i pro profesionální systémy, i když venkovní aplikace pro používání v teplotách pod -10 °C bude nutno vybavit vyhříváním. Vnitřní automatika kamerových obvodů je výhodou nejen při provozu kamery, ale i při experimentování s nimi, neboť ani naprostý začátečník si nemusí dělat žádné starosti s nějakým nastavováním pracovních parametrů.



místnosti, jenž je ofukován ventilátorem. Horká strana sady modulů je přišroubována k venkovnímu chladicímu profilu, odvádějícímu teplo mimo místnost.

U řady aplikací může být konstrukčním problémem příliš malá tloušťka modulů, která při konstrukci koliduje s velkou požadovanou tloušťkou okolní tepelné izolace. Proto je další zdokonalování těchto chladicích systémů podmíněno nejenom hledáním nových materiálů s vysokým koeficientem Peltierova jevu, ale mj. též vývojem izolačních materiálů s minimální tepelnou vodivostí, jež by umožnily zmenšit tloušťku tepelné izolace.

Článek jsme doplnili o ukázky software, který výrobní firma vyvinula a zdarma poskytuje všem vážným zájemcům. Do příštího čísla připravujeme ještě doplňující informace o možnosti využití termoelektrických chladicích modulů jako senzorů (indikátorů) teploty (opět včetně výpočtů).

Jak již bylo uvedeno výše, podrobnější informace získáte u společnosti GM Electronic (<http://www.gme.cz>, případně si je vyžádejte e-mailem: gme@gme.cz).

základní technické údaje vybraných termoelektrických modulů

typ	I_{\max} [A]	Q_{\max} [W]	U_{\max} [V]	ΔT_{\max} [K]	šířka × délka [mm]	výška [mm]
standardní jednostupňové články						
TB-127-1,0-2,5	1,9	18,3	15,9	70	30 × 30	4,8
jednostupňové články se zvýšenou účinností						
FROST-71	6,1	61,0	16,1	71	40 × 40	3,9
FROST-72	6,2	62,0	16,3	72	40 × 40	3,9
FROST-73	6,2	64,0	16,5	73	40 × 40	3,9
FROST-74	6,3	65,0	16,7	74	40 × 40	3,9
ICE-71	8,0	80,0	16,1	71	40 × 40	3,4
CHILL	5,8	56,0	15,7	69	40 × 40	3,2

Výběr několika modulů z bohaté nabídky výrobní firmy a srovnání základních technických parametrů; rozměry – jen vnitřní termoelektrické články